



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut
Maaehituse ja veemajanduse õppetool

Artur Minjakov

**REKONSTRUEERITAVATE NUUMSIGALATE
SEISUKORRA HINDAMINE JA MAKSUMUSTE VÕRDLUS
UUE NUUMSIGALA EHTUSEGA**

**THE EVALUATION OF TECHNICAL SITUATION IN
PIGSTIES TO BE RECONSTRUCTED AND COMPARISON
OF PRICES OF NEW AND RECONSTRUCTED
FATTENING PIGSTIES**

Ehitusinseneriõppe magistritöö
Maaehituse õppekava

Juhendaja: Professor Jaan Miljan

Tartu 2019

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Artur Minjakov		Õppekava: Maaehitus	
Pealkiri: Rekonstrueeritavate nuumsigalate seisukorra hindamine ja maksumuste võrdlemine uue nuumsigala ehitusega			
Lk: 70	Jooniseid: 39	Tabeleid: 25	Lisasid: 5
Osakond:		Metsandus- ja maaehitusinstituut	
Uurimisvaldkond:		Ehituskorraldus	
Juhendaja(d):		Professor Jaan Miljan	
Kaitsmiskoht ja aasta:		Tartu, 2019	
<p>Magistritöö koosneb 5 peatükist ja lisadest. Lisades on vanade sigalate plaanid, millele on märgitud ka hindamise tulemused, ja lõiked. Lisades on ka uue sigala plaan ja lõige. Töö autor töötas sigalakompleksi rekonstrueerimis- ja ehitustöödel objektijuhina ja tööd alustades tekkis vajadus hinnata olemasolevate sigalate kandekonstruktsioonide seisundit ja nende edasise kasutamise otstarbekust. Töö hüpoteesiks oli, et rekonstrueeritavas sigalas on seakoha maksumus odavam, kui uues sigalas ja et kandekonstruktsioonidele antud hinnete põhjal saab ennustada rekonstrueerimise maksumust. Selleks hinnati visuaalselt kõik rekonstrueeritavate sigalate raudbetoonist kandekonstruktsioonid ja sigalate seinad. Ei hinnatud katuseid ja põrandaid ning tehnoloogiat, sest see osa ei sobinud uue tehnoloogilise lahendusega. Hindamiseks kasutati kahte meetodit. 1. Visuaalseks hindamiseks kasutati T. Keskküla poolt välja töötatud 4-palli skaalat. Kahes vanas sigalas hinnati kõik postid (66 tk), talad (57 tk) ja ribipaneelid (276 + 24 tk) 2. Visuaalselt hinnatud konstruktsioonide seast valiti välja erinevate hinnetega konstruktsioonid, mille betooni jääksurvetugevust määrati digitaalse pörkevasaraga Matest. Mõlema meetodiga saadud tulemused näitasid, et kandekonstruktsioone saab pärast renoveerimist kasutada ja et betooni survetugevus on aja jooksul ilmselt suurenenud. Kandekonstruktsioonidele antud visuaalse hindamise keskmine hinne oli sigalas N1 2,63 ja sigalas N3 2,85. Nõutav betooni tugevus loomakasvatushoonete taladel ja postidel oli 15,0 MPa (M200) ja ribipaneelidel 22,5 MPa (M300). Tegelikult oli survetugevus vastavalt 27,28 MPa postidel ja taladel ning 31,13 MPa ribipaneelidel, nõutavast seega tugevam vastavalt 81,2% ja 38%. Kõik vanade sigalate betoonkonstruktsioonid puhastati ja taastati nii nagu projektis ette nähti. Seinte (nii kandvate kui mittekanvate seinte) keskmine hinne oli sigalas N1 1,53 ja sigalas N3 1,77. Nii vanadesse kui uutesse sigalatesse paigaldati kaasaegne tehnoloogia ja vaatamata sellele, et vanades hoonetes lammutati katused, põrandad ja tehnoloogiline osa ning ehitati kõik uuesti, maksis rekonstrueeritud sigalates üks seakoht keskmiselt 316,05 eurot ja uues sigalas 375,00 eurot (km-ta), mis on 15,7% kallim. Seega oli nii konstruktsiooni visuaalne hindamine kui pörkevasaraga betooni tugevuse mõõtmine tellijale kasulik ja tõestas olemasolevate kandekonstruktsioonide edasise kasutamise otstarbekust. Ennustada rekonstrueerimise maksumust vastavalt visuaalsel hindamisel antud hindele ei ole sugugi lihtne. Eksisteerib nõrk seos hinde ja maksumuse vahel, aga kuna antud keskmised hinded erinesid üksteisest ainult 7 – 13%, siis ka maksumuste erinevus ei saanud olla kuigi suur. Autori soovitus oleks, et 10 aasta pärast hinnata uuesti visuaalselt kogu sigalakompleksi kandekonstruktsioonid. Saaks võrrelda uute ja vanade konstruktsioonide vastupidavust ajas.</p>			
<p>Märksõnad: vanade kandekonstruktsioonide visuaalne hindamine, tala, post, ribipaneel, pörkevasaraga Matest raudbetooni jääksurvetugevuse määramine, seakoha maksumus</p>			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Artur Minjakov		Specialty: Rural and Civil Engineering	
Title: The evaluation of technical situation in pigsties to be reconstructed and comparison of prices of new and reconstructed fattening pigsties			
Pages: 70	Figures: 39	Tables: 25	Appendixes: 5
Department / Chair:		Chair of Rural Building and Water Management	
Field of research and CERCS code:		Civil Engineering, T220	
Supervisor:		Prof Jaan Miljan	
Place and date:		Tartu, 2019	
<p>Master thesis consist of 5 chapters and appendixes with drawings of old and new pigsties. The hypothesis of this work was that the pig place in new pigsty is more expensive than in the old reconstructed house. Was presumed also that evaluation marks given to bearing structures of old buildings gives the possibility to predict the price of reconstruction. So all bearing concrete structures and walls was evaluated.</p> <p>The technical situation of bearing structures was evaluated using two methods: 1. The 4-ball visual evaluation system was used. 2. After that structures with different marks were chosen and the residual compressive strength of the cconcrete of bearing elements was determined with test hammer Matest.</p> <p>Both used methods granted that it is possible to use old bearing structures. The average mark of bearing concrete structures in pigsty N1 was 2,63 and in N3 2,88. Determination with Matest test hammer show that the residual compressive strength of concrete will not cause any problems and concrete has been strengthened during time. The required compressive strength of concrete in livestock buildings was to columns and beams 15,0 MPa (B200) and to panels 22,5 MPa (B300). The results of the measurements with Matest determined the average values of concrete strength 27,28 MPa for columns and beams and 31,13 MPa for panels. Concrete strength of columns and beams was 81,2% better and of panels it was 38% better than that of required compressive strength value.</p> <p>Pig place's price in reconstructed and new building were respectively 316,05 euros and 375,00 euros (without TOT), latter one costs 15,7% more. In this point it is needed to mention that the whole new building differs totally from the old ones. Bearing structure was built of steel columns and nailplate frames, envelope of sandwhich panels. This was the cheapest variant offered. In spite of that the demolished part in old buildings was great the price of pig place in reconstructed old building was cheaper.</p> <p>To predict the reconstruction price according to the mark given to bearing structures was not so simple. There is a trend that the mark influences the price. But as average marks differed from each other only 7 – 13%, so the reconstruction prices couldn't differ much also. The suggestion for future is to evaluate the bearing structures of the pig farm buildings again after 10 years, to see what have happened during this time.</p>			
Keywords: visual evaluation of old bearing concrete structures (beam, column, panel), determination of compressive strength of the concrete with Matest digital test hammer, the price of a pig place			

Sisukord

KASUTATUD TÄHISED JA MÕISTED	5
SISSEJUHATUS.....	6
1. REKONSTRUEERITAVATE SIGALATE AJALUGU	8
1.1. Ajalugu.....	8
1.2. Sigalate konstruktsioonide kirjeldus ja rekonstrueerimise põhjused	9
2. NUUMSIGALATE E HITUSTEHNILISE SEISUKORRA HINDAMINE	12
2.1 Seisukorra hindamise meetodika.....	12
2.1.1. Tarindite visuaalse hindamise meetodika	12
2.1.2. Kandekonstruktsioonide hindamine mittepurustaval meetodil	16
2.2. Sigala N1 seisukorra hindamine	17
2.2.1. Sigala N1 kandekonstruktsioonide seisukorra hindamine visuaalselt	17
2.2.2. Kokkuvõte sigala N1 kandekonstruktsioonide seisukorrast.....	28
2.2.3. Sigala N1 raudbetoonkonstruktsioonide hindamine pörkevasaraga.....	29
2.2.4. Sigala N1 mittekandvate tarindite seisukorra hindamine visuaalselt	34
2.3. Sigala N3 seisukorra hindamine	37
2.3.1. Sigala N3 kandekonstruktsioonide seisukorra hindamine visuaalselt	37
2.3.2. Kokkuvõte sigala N3 kandekonstruktsioonide seisukorrast.....	43
2.3.3. Sigala N3 raudbetoonkonstruktsioonide hindamine pörkevasaraga.....	44
2.3.4. Sigala N3 mittekandvate tarindite seisukorra hindamine visuaalselt	47
3. NUUMSIGALATE VANA JA UUS TEHNOLOOGIA.....	49
3.1. Sigalate vanad tehnoloogilised lahendused	49
3.2. Sigalate uued tehnoloogilised lahendused	51
4. VANADE SIGALATE REKONSTRUEERIMINE JA UUTE EHITUS	56
4.1. Vanade sigalate kandekonstruktsioonide remontimine	56
4.1.1. Raudbetoonitarindite remontimine	56
4.1.2. Seinte remontimine.....	57
4.2. Vanade sigalate katused, põrandad, avatäited ja tehnoloogia.....	58
4.3. Uute sigalate konstruktiivne lahendus	58
5. UUTE JA REKONSTRUEERITUD NUUMSIGALATE EHITUSMAKSUMUSTE VÕRDLUS	60
5.1. Rekonstrueeritud ja uute sigalate ehitusmaksumuste võrdlus	61
KOKKUVÕTE	65
KASUTATUD KIRJANDUS.....	68
LISAD.....	70

KASUTATUD TÄHISED JA MÕISTED

Uuritud sigalad

- N1 – nuumsigala nr 1, rekonstrueeritav sigala
- N3 – nuumsigala nr 3, rekonstrueeritav sigala
- N4 – nuumsigala nr 4, uus sigala

Materjalid

- EPS – vahtpolüstürool plaat
- PIR – jäik polüuretaanvahust paneel
- SBS – bituumen katusekate
- SW – *sandwich* paneel, kahelt poolt plekiga kaetud soojustusmaterjal

Seletused

- Rekonstrueerimine ehk ehitise ümberehitamine - hoone põhjalik ümberehitamine uute nüüdisaegsete põhimõtete (normide) järgi, kusjuures tehakse juurde-, peale- ja allaehitusi ning muudetakse üheaegselt nii hoone füüsiline kui ka moraalne vananemine. [1] (EhS § 4)
- Lammutamine – ehitise või selle osa likvideerimine, et vabastada koht uuele ehitisele või rekultiveerida. [1] (EhS § 4 lg 4)
- Ehitamine – hoone, rajatise või ehitise püstitamine. Ehitamine hõlmab ehitusööd ja tehnosüsteemide montaaži. [1] (EhS § 4 lg 1)
- Füüsiline vananemine – ehitise kandekonstruktsioonide tugevuse töökindluse ja agressiivsetele mõjudele vastupanu järk-järguline kahanemine. [2]

SISSEJUHATUS

Tänapäeva loomakasvatushoonetele esitatakse järjest täpsemaid tehnoloogilisi ja ehituslikke nõudeid. Põllumajandushoonetes peab olema kvaliteetne automatiseeritud tehnoloogia, et suurendada tootlikkust. Ehituskonstruksioonid peavad kindlustama tehnoloogiliste protsesside toimimiseks vajalikud ruumid ja loomadele sobiva mikrokliima ekspluatatsiooni ajal. Nende nõuete täitmiseks tuleb vanades hoonetes teha muudatusi.

Töö eesmärgiks oli selgitada, kas vanade hoonete kandekonstruksioonide rekonstrueerimine on majanduslikult kasulik, kui nende lammutamine ja uute hoonete ehitamine vanade asemele. Tingimuseks seati, et vanades hoonetes on rekonstrueerimise tulemusena täidetud tänapäevased nuumsigade pidamisnõuded ja kasutatakse samasugust tehnoloogiat nagu uutes sigalates.

Töö koosneb 5 osast. Osas 1 – ajalugu – käsitletakse renoveerimisel/ehitamisel olnud sigalakompleksi ajalugu, esitatakse sigalate konstruksioonide lühikirjeldus ja põhjendatakse renoveerimise otstarbekust. Osas 2 kirjeldatakse uurimismetoodikat ja selle kasutamise eeldusi. Kahe kasutatud meetodikaga: 1) visuaalne hindamine ja 2) pörkevasaraga Matest raudbetoonist kandekonstruksioonide betooni jääksurvetugevuse määramine, saadud hindamistulemusi võrreldakse sigalate kaupa. Hinnati kolme rekonstrueeritava sigala kandekonstruksioone, aga hindamisosa tulemustest jäeti töö mahu vähendamise mõttes välja sigalas N2 tehtud mõõtmistulemused. Sigala N2 oli kõige paremas seisukorras.

Visuaalselt hinnati olemasolevate nuumsigalate kandekonstruksioonide – postid, talad, ribipaneelid, seinad – ehitustehnilist seisukorda nelja-palli süsteemis. Hinded on kantud tabelitesse ja lisadesse. Seejärel mõõdeti raudbetoonist kandekonstruksioonide betooni survetugevust digitaalse pörkevasaraga ja kanti tulemused tabelitesse. Saadud hinnetele ja mõõtmistele tuginedes otsustati, et kolm vana nuumsigalat on mõistlik ja majanduslikult otstarbekas rekonstrueerida. Kõige vanem sigala oli sellises seisukorras, et see tuli lammutada. Lammutatud hoone suur puudus oli selle väike laius ja vähene seakohtade arv. Kaasaegse tehnoloogia paigaldamine oleks olnud ebaefektiivne. Kolm rekonstrueeritavat hoonet olid ehitatud hiljem, 70 – 80-ndatel aastatel ja nende kandekonstruksioonid olid suhteliselt heas seisukorras ning mõõdud võimaldasid tänapäevase tehnoloogia kasutusele võtmist, siis teostati nende põhjalik hindamine. Osas 3 kirjeldatakse uue ja vana tehnoloogia erinevusi. Osas 4 kirjeldatakse vanade ja uute sigalate konstruksioone ja vanade sigalate

puudusi põhjalikult. Rekonstrueeritavate hoonete konstruktiivne plaanilahendus oli erinev ja see tingis ka sulgude paigutuse erinevusi ning mõningaid erinevaid lahendusi kaasaegse ventilatsioonisüsteemi paigaldamisel, samuti erinesid sigalati sõnnikueemaldamise süsteemid ja põrandate lahendused. Katuselahendused muudeti rekonstrueeritavatel hoonetel sarnaseks. Osas 5 võrreldakse rekonstrueerimise ja uusehituse maksumust. Lõpptulemusena selgus, et vanade kandekonstruktsioonide säilitamine on ettevõtjale majanduslikult odavam. Uusehituse seakoha maksumus oli keskmiselt 15,7% kallim, kui rekonstrueeritavas hoones oleva seakoha maksumus.

1. REKONSTRUEERITAVATE SIGALATE AJALUGU

1.1. Ajalugu

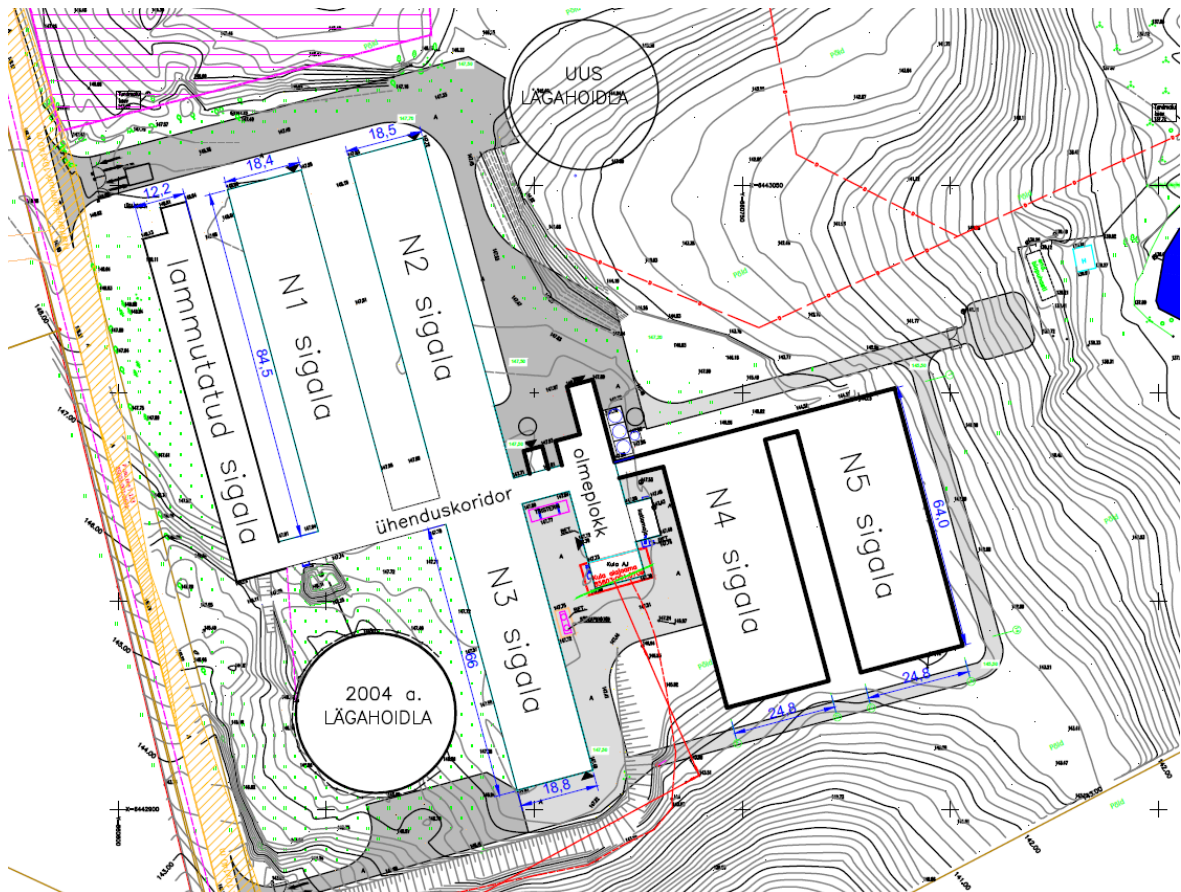
Magistritöös käsitletava Põlvamaal asuva seafarmi territooriumil oli 1979 a maa-ameti asendiplaanil (Joonis 1) kolm sigalat. Teepoolne sigala ehitati 1962 aastal [3].



Joonis 1. Sigalate asukoht Maa-ameti plaanil aastal 1979

Kaks koridoriga ühendatud sigalat on tõenäoliselt ehitatud 70-ndatel aastatel. Esimesed juurdeehitused vanadele sigalatele tehti 80-ndatel aastatel, kui sigalate (Joonis 2) kagupoolsesse otsa ehitati ühenduskoridor ja 1170 m² suurune uus sigala, plaanil tähistatud kui sigala N3, idapoolsesse ossa söödapunkrid, laadimisestakaad, katlaruum, olmeplokk ja abiruumid. Lisaks ehitati hoone kõrvale alajaam.

2004. aastal ehitati sigalakompleksi juurde monteeritavatest raudbetoonpaneelidest lägamahuti, mahutavusega 4500 m³. Tuletõrje veevõtu kohana on kasutusel farmi kinnistul paiknev tehislik veekogu. 2014. aastal vahetatid vanades sigalates puitaknad PVC akende vastu. 2014 hakati tegema seakompleksi detailplaneeringut ja 2015 aastal otsustati rajada uued sigalad ja rekonstrueerida vanad, kui see osutub võimalikuks. Joonisel 2 on seafarmi praegune asendiplaan. Teepoolne sigala tuli lammutada, sigalad N1, N2 ja N3 rekonstrueeriti ja sigalad N4 ja N5 ehitati juurde. Juurde ehitati veel uus lägamahuti, renoveeriti olmeplokk ja ühenduskoridorid. Sigalakompleksi maa-ala korrastati ja ehitati uued teed.



Joonis 2. Asendiplaan [8]

Töö autor oli sigalakompleksi ehitusel objektijuht aastatel 2016 – 2017, kuni objekti valmimiseni.

1.2. Sigalate konstruktsioonide kirjeldus ja rekonstrueerimise põhjused

Kuna sigalates olid loomad sees, siis rekonstrueerimisprojekti tegemiseks ei olnud esmalt võimalik bioohutuse nõuete tõttu sigala konstruktsioonide tehnilist seisundit seestpoolt uuridagi – hoonete seisukorda hinnati visuaalselt väljast. Vaadati, kas hoone üldpilt on avariiline ja hinnati ligilähedaselt, kui palju tuleks lammutada ja mida saaks uuesti kasutada. Põhjaliku hindamisega sai alustada alles seejärel, kui kõik sead olid välja viidud. Seoses sellega esines REK projektides vigu ja samuti ka eelarvetes. Teepoolne sigala otsustati lammutada. Hoone oli ainult 12 m lai, keskteljel paiknesid raudbetoonist kandepostid ja katuse kandekonstruktsioon toetus postidele ja välisseintele. Katuse oli kohati ära vajunud, seinad viltu. Hoones ei olnud tänapäevast tehnoloogiat ja sisekliima oli loomade jaoks

ebatervislik. Kuna ka hoone mõõtmed ei võimaldanud tänapäevase tehnoloogia kasutamist, siis otsustati see lammutada.

Sigalad N1, N2 ja N3 olid lihtsa plaanilahendusega, ristkülikukujulised. Väljastpoolt hinnates suhteliselt heas seisukorras. Hoonete mõõtmed võimaldasid kaasaegse tehnoloogia kasutusele võtmist. Eeldati, et ka kandekonstruktsioonid ei ole nii halvas seisukorras, et neid ei saaks remontida ja otsustati need sigalad rekonstrueerida. Kandekonstruktsioonide paigutus oli veidi erinev igas hoones ning sigade arv oli sigalates N1 ja N2 700 ning sigalas N3 1000. Kõik rekonstrueeritavad sigalad olid 18 m laiad, keskel kahes reas paiknevate kandvate raudbetoonpostidega, mis olid sillatud raudbetoontaladega ja kaetud raudbetoonribipaneelidega. Sigalad N1 ja N2 olid 85 m pikad ja N3 oli 66 m pikk. Sigalas N1 (L3. Joonis 1) oli väikesekaldeline lamekatus puitkandjatel, sigalates N2 ja N3 oli viilkatus puitkandjatel. Viilkatusega sigalates esines seinte veekahjustusi vähem ja sisemiste kandekonstruktsioonide seisukord oli parem. Kuna sigalates kasutusel olev tehnoloogia ei vastanud Eestis loomakasvatushoonetele kehtestatud seadustele ja nõuetele, siis otsustati, et hinnata tuleks ainult kandvaid konstruktsioone ja seinu. Välja tuleb lammutada kõik, mis segab kaasaegse tehnoloogia kasutusele võtmist. Lammutamise käigus selgus, et sigalas N1 oli maakivivundament, mis oli nii sügavale maa sisse vajunud, et seda ei olnud väljastpoolt näha (Joonis 4). Väljast oli näha umbes kuni 15 cm betoonvundamenti, mis osutus hoopiski 10 – 20 cm paksuseks maakivivundamendi betoonvööks. Rekonstrueerimisprojekti kirjutati aga juba enne vundamendi lahti kaevamist ja kontrolli, et alles tuleb jätta 1,20 m sügavune vundament, mida tegelikkuses ei eksisteerinudki. Sigala N1 põranda lammutamise käigus avastati, et vundament on kohati ainult 70 cm sügav, mis ei võimalda kasutada täisrestpõrandat ja lágavannide tehnoloogiat, mis näeb ette vähemalt 1,20 m sügavuse vundamendi. Maakividest laotud osa oli kohati lagunenu ja segu pudenes vundamendi lahtikaevamisel kivide vahelt välja. Välispiirdel paiknevad kandevseinad, mis olid silikaattellistest, olid kohati nii lagunenu, et valgus paistis väljast sisse. Mõned kandvas seinas asuvad aknasillused, olid samuti lagunenu ja vajalik toetuspind ribipaneelide jaoks jäi lühikeseks. Eelarves hinnati valesti lammutamise tegelikku mahtu ja ka vundamentide ning seinte taastamise kulusid.

Kuna väline vaatlus näitas, et ilma hoone kandekonstruktsioonide detailse seisukorra hindamiseta on ohtlik ehitama hakata, siis lepiti kokku, et tarindite seisukorda hinnatakse objektijuhi poolt lammutamise käigus etappide kaupa selleks, et selgitada välja, kui palju

kandvatest konstruktsioonidest on säilitamiskõlblikud. Katuse ja põranda lammutamise käigus teostati vastavalt ka ribipaneelide ja vundamentide seisukorra hindamine.

2. NUUMSIGALATE E HITUSTEHNILISE SEISUKORRA HINDAMINE

2.1 Seisukorra hindamise metoodika

Vanad sigalad olid ehitatud üle 40 aasta tagasi, olnud pidevas kasutuses ning agressiivses keskkonnas. Tarindid vajasisid põhjalikku tehnilise seisukorra hindamist.

Tarindite tehnilist seisukorda hinnati kahel viisil: 1) visuaalse vaatluse teel ja 2) mittepurustava meetodiga, pörkevasara abil betooni survetugevust kontrollides.

Visuaalselt:

- uuriti kandvate tarindite silmaga nähtavaid kahjustusi ja nende tekkepõhjuseid ning anti tarindite seisukorrale ka hinne;
- vundamentide seisundi uurimiseks kaevati välja poole vundamenti surfid vundamendi koguulatuses ja hinnati vundamentide seisukorda.

Mittepurustaval meetodil:

- määrati kandvate raudbetoonitarindite betooni survetugevus kasutades pörkevasarat.

Mõlema meetodi korral kasutati lisaks fotografeerimist ja saadud hindamistulemused kanti hoone plaanidele, mis on esitatud lisades.

Ehitiste seisukorra visuaalset hindamist teostati 02.04. – 21.04.2017. Fotografeerimisel kasutati Samsung Galaxy S6 kaamerat. Kõik fotod on tehtud autori poolt.

2.1.1. Tarindite visuaalse hindamise metoodika

Visuaalselt hinnati tarindeid kasutades nelja-palli skaalat. Kuna hindamistulemused sõltuvad hindaja teadmistest ja kogemustest, siis algaja hindaja jaoks on soovitus kasutada vaid nelja hinnet (Tabel 2). Et ehitajal oleks arusaadavam, milline on füüsilise kulumise aste ja kui palju tarindeid on avariilised ja vajavad vahetust või remontimist, siis hindamisjuhendi koostamisel võeti aluseks Tõnu Keskküla numbriline visuaalse hindamise metoodika [5], mille põhjal kirjeldati parandamiseks vajalikke tegevusi ja arvutati tarindi remondi maksumuse ligikaudne protsent võrreldes uue tarindi valmistamise ja paigaldamise hinnaga (Tabel 1).

Tabel 1. Hindamise üldjuhend

Hinne	Olukorra kirjeldus	Tegevus	Remondi kulu %
3	heas seisundis, täiesti korras	tarind vajab kerget viimistlust	kuni 10%
2	osaliselt kulunud, ebaolulised defektid	tarindi osaline remontimine	10 kuni 40%
1	märgatavalt kulunud, kohati avariiline	tarindi terviklik remontimine	40 kuni 90%
0	täielikult kulunud, avariiohtlik	tarindi välja vahetus	100%

Märkus: tabeli viimases veerus on toodud tarindi remondi maksumuse protsent tarindi kogumaksumusest.

Lisaks üldjuhendile (Tabel 1), mida saab kasutada peaaegu kõikide hoonete tarindite puhul, koostati antud töö raames eraldi sigalate kandevkonstruktsioonide visuaalse hindamise juhendid, mis on täpsemalt lahti kirjutatud tabelites 3 – 7. Juhendi koostamisel võeti aluseks Tõnu Keskküla ja Jaan Miljani poolt välja töötatud põllumajanduslike tootmishoonete seisukorra hindamise metoodika. [4, 5]

Tabeleid 2 – 5 on autor täiendanud samal moel nagu üldjuhendi tabelitki, lisades olukorra kirjeldusele veerud, milles kirjeldatakse renoveerimiseks vajalikku tegevust ja selle maksumuse protsenti võrreldes uue tarindi hinnaga.

Tabel 2. Vundamentide seisukorra hinded, kirjeldused, vajalik tegevus ja remondi kulu %

Hinne	Olukorra kirjeldus	Tegevus	Remondi kulu %
3	- vundament pragude ja deformatsioonideta	tarind vajab kerget viimistlust	kuni 10%
2	- vundamendis 2 – 3 kohas praod ja deformatsioonid ebaühtlase vajumise tulemusena - jätkuva ebaühtlase vajumise tunnused puuduvad	tarindi osaline remontimine	10 kuni 40%
1	- vundamendis arvukalt pragusid - esinevad ebaühtlased vajumised - vundament tugevalt murenenud	tarindi terviklik remontimine	40 kuni 90%
0	- vundamendis ja seintes suured praod - seinad, aknad ja uksed on viltu vajunud - avariiohtlik	tarindi välja vahetus	100%

Tabel 3. Tellisseinte seisukorra hinded, kirjeldused, vajalik tegevus ja remondi kulu %

Hinne	Olukorra kirjeldus	Tegevus	Remondi kulu %
3	<ul style="list-style-type: none"> - seinad pragude ja deformatsioonideta, va juuspraod sillustes ja seinte ebaühtlase koormise piirjoontes - seinad on kuivad - kõrvalkaldumisi vertikaalsuunas ei ole - telliste ja mördi kvaliteet hea - - soojustus korras, pole vajunud 	tarind vajab kerget viimistlust	kuni 10%
2	<ul style="list-style-type: none"> - seintes ja sillustes praod - seinte kõrvalkaldumised vertikaalsuunas kuni 10% seina paksusest - telliste pealiskiit on kohati murenenud - tellised ja sillused on kohati märjad - soojustus kohati vajunud 	tarindite osaline remontimine	10 kuni 40%
1	<ul style="list-style-type: none"> - seintes on suured praod, osa sillused on vajunud, kuni 10% silluseid vajab väljavahetamist - seinte kõrvalkaldumised vertikaalsuunas kuni 20% seina paksusest - ebaühtlasest vajumisest horisontaaljoonte kõverdumine - telliste pealiskiit on murenenud - tellised ja sillused on märjad ja hallitanud - soojustus on ära vajunud - avarieelne olukord 	tarindite terviklik remontimine, vajadusel kohati väljavahetamine	40 kuni 90%
0	<ul style="list-style-type: none"> - seintes suured praod, deformatsioonid - soojustus on peaaegu kadunud - seinad ja sillused väga märjad ja hallitunud - varisemisohu 	tarindite välja vahetus	100%

Tabel 4. Raudbetoonpostide ja -talade seisukorra hinded, kirjeldused, vajalik tegevus ja remondi kulu %

Hinne	Olukorra kirjeldus	Tegevus	Remondi kulu %
1	2	3	4
3	<ul style="list-style-type: none"> - konstruktsioon terve - korrosiooni jälgi ei esine 	tarind vajab kerget viimistlust	kuni 10%
2	<ul style="list-style-type: none"> - konstruktsioon kohati niiske ja hallitanud - üksikutes kohtades on füüsilisel tegevusel kaitsekiht lahti löödud - rangid on korrodeerunud ja kaitsekiht ära kukkunud 	tarindi osaline remontimine	10 kuni 40%

Tabel 4 järg			
1	2	3	4
1	<ul style="list-style-type: none"> - konstruktsioon niiske ja hallitanud - rangid korrodeerunud - peaarmatuuri kaitsekihis märgatav pikipragu - füüsilisel tegevusel on kaitsekiht maha löödud ja toimunud peaarmatuuri korrodeerumine - avariieelne olukord 	tarindi terviklik remontimine	40 kuni 90%
0	<ul style="list-style-type: none"> - peaarmatuur korrodeerunud ja kaitsekihi maha löönud - avariihohtlik 	tarindi välja vahetus	100%

Tabel 5. Raudbetoonribipaneelide seisukorra hinded, kirjeldused, vajalik tegevus ja remondi kulu %

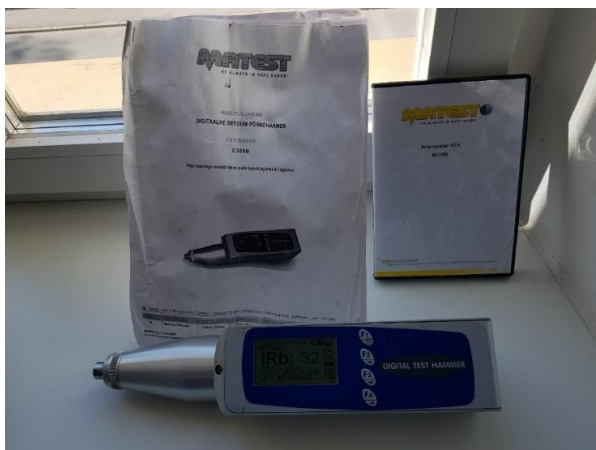
Hinne	Olukorra kirjeldus	Tegevus	Remondi kulu %
3	<ul style="list-style-type: none"> - paneelid terved - korrosiooni jälgi ei esine 	tarind vajab kerget viimistlust	kuni 10%
2	<ul style="list-style-type: none"> - paneelid kohati niisked ja hallitanud - armatuurvõrk kohati korrodeerunud ja kaitsekihi ära löönud - üksikutes kohtades põikribis pikipraod 	tarindi osaline remontimine	10 kuni 40%
1	<ul style="list-style-type: none"> - paneelid märjad ja hallitanud - armatuurvõrk üle poole korrodeerunud ja kaitsekihi ära löönud - põikarmatuuri korrodeerumine - pikiribides märgatavalt pikipragu - avariieelne olukord 	tarindi terviklik remontimine	40 kuni 90%
0	<ul style="list-style-type: none"> - pikiribides armatuur korrodeerunud ja kaitsekihi maha löönud - avariihohtlik 	tarindi vahetus	100%

T. Keskküla poolt välja töötatud numbrilist hindamismetoodikat kasutades on võimalik arvutada hoone kui terviku füüsilise kulumise koguhinne. Käesolevas töös seda ei tehtud, kuna sigala vana tehnoloogia vahetati täielikult välja, mis põhjustas uute põrandate ehitamise vajaduse. Rajati kaasaegne elektripaigaldis, ventilatsiooni-, veevarustus-, söötmis- ja

sõnnikueemaldus-süsteemid. Vahetati ka avatäiteid, katuse puidust kandekonstruktsioon, ja ka katusekate.

2.1.2. Kandekonstruktsioonide hindamine mittepurustaval meetodil

Kandekonstruktsioonide betooni survetugevust mõõdeti digitaalse pörkehaamriga Matest C386N Digital test hammer [6], mis on toodetud Itaalias (Joonis 3). Pörkehaamer töötab tagasipörke mõõtmise põhimõttel. Metallhaamrile antakse kindel energia (vinnastatud vedru löögitugevus) ja seadme otsik surutakse mõõdetava betoonpinna vastu. Löögi ajal kantakse energia üle mõõdetavale pinnale, kus osa energiast neeldub (plastne ja elastne deformatsioon) ja osa kantakse pinnalt haamrile tagasi. Tagasipörke suurus näitab mõõdetava pinna kõvadust ja digitaalne haamer teisendab saadud tulemuse survetugevuseks ning kuvab selle seadme ekraanile.



Joonis 3. Matest digitaalne pörkevasar

Pörkevasaraga töötamisel tuleb valida mõõtmiskoht, mis on sile (silma nähtavate kruusa- või kivitükikesteta ja lahtikoorumata kihil), mõõdetav koht ei tohi asuda allpool oleva armatuurvarda kohal ja peab asetsema vähemalt 25 mm kaugusel betoonpinna servast ning mõõtekohtade kaugus üksteisest peab olema vähemalt 25 mm. Betoonikihi paksus peab olema vähemalt 100 mm. Enne katsete läbiviimist, tuleb betooni pinda vajadusel tasandada/puhastada lihvimiskiviga. Katsetulemusi võib mõjutada ka pinna niiskus, ja temperatuur. Üle 70% RH ja miinustemperatuurid mõõtmise ajal ei ole lubatud. Seda meetodit kasutades saame lõpptulemusena välja selgitada, kas kandekonstruktsiooni betooni survetugevus vastab veel normatiivsele survetugevusele. Usaldusväärse keskmise tulemuse

saamiseks tehti samal detailil 10 mõõtmist. Ribipaneelidel mõõdeti betooni survetugevust pikiribi seespoolsest küljelt selle paksemas kohas 2,5 cm vahedega. Kõigi betoonkonstruktsioonide pind puhastati mõõtmiskohtades enne mõõtmist lubjavõõbast ja mustusest, mis aastate jooksul oli konstruktsioonidele sadestunud.

2.2. Sigala N1 seisukorra hindamine

2.2.1. Sigala N1 kandekonstruktsioonide seisukorra hindamine visuaalselt

Sigala N1 on tõenäoliselt ehitatud 1970-ndatel aastatel. Täpne ehitusaeg ei ole teada.

N1 vundamendid. Sigala N1 oli ehitatud maakivivundamendile. Maakivide peale oli ehitatud tasandamiseks 10 – 20 cm kõrgusega betoonvöö. Sokkel oli väljast kuni 15 cm nähtav, kohati maapinnaga tasa. Ühes kohas puudus sokkel hoopiski. Vajunud ja puuduv sokkel põhjustas tellisseina alumiste kiviridade märgatavaid niiskus- ja külmakahjustusi (Joonis 4).



Joonis 4. Sigala N1 telgedel A/5...6 vahel puuduva sokli tõttu on tekkinud seina niiskus- ja külmakahjustused

Enne vundamendi avamist ei olnud päris selge, missugune on selle konstruktsioon. Surfid vundamendikonstruktsiooni seisukorra tegelikuks hindamiseks tehti väljapoole hoonet vundamendi perimeetri ulatuses. Kaevetes mõõdeti vundamendi sügavust alates sokli servast ja see oli vahemikus 70 – 120 cm. Maakividest vundamendis esinesid üksikud vertikaalpraod. Vundamendi visuaalsel hindamisel avastati ainult üks vajum teljel A telgede 8 ja 10 vahel. Vajumi tulemusena olid sein tekkinud kuni 5 mm läbivad praod. Vajunud vundamendi osa sai hindeks 0 ehk hinnati avariiohtlikuks. Vundament ja ka selle kohal olev sein lammutati ja ehitati selle asemele uus (peatükk 4.1.2. Seinte remontimine). Rohkem vajumeid ei leitud, kuigi pealmises betoonvöös oli näha mikropragusid. Sigala N1 vundamendi koondhinne on 2,5 (L 1. Joonis 1). Seetõttu võime väita, et selle renoveerimiseks kulub vähem vahendeid, kui oleks kulunud uue vundamendi rajamiseks (Tabel 2, lk 11).

N1 välisseinad. Sigala välissein oli silikaatkividest (12+25 cm) poolteistrea paksune. Kahe kivikihi vahele oli paigaldatud 12 cm klaasvilla. Telliste vaheline soojustusmaterjal oli kohati kokku vajunud. Neis kohtades tungis niiskust sigalast välisseina ja kondenseerus tellisseina väliskihile sisepinnale. Kondenseerunud vesi põhjustas talvel külmumise ja sulamise tsüklite vaheldumise tõttu seinte jäätumist/sulamist ja nende hilisemat lagunemist. Niiskuskahjustusi oli seintes väga paljudes kohtades, sest ka ventilatsioon oli puudulik. Halvasti töötava ventilatsiooni tõttu avati sigala aknaid talvel, mis kahjustas lisaks aknaümbruse seintele ka aknasilluseid. Sein väliskihis olevad sillused olid kohati pragunenud ja murenenud ning kaotanud kandevõime (Joonis 5).

Kuna seinad olid kahekihilised, siis hinnati visuaalselt eraldi seespoolses ja väljaspoolses seinakihi esinevaid kahjustusi. Seespoolne seinakiht oli saanud kahjustada nii lagunened katusekatte tõttu, kui ka loomade ja inimeste tegevuse tulemusena. Väljaspoolse seinakihi kahjustused olid tingitud külmakahjustustest, katusekatte leketest, aknaplekkide puudumisest, akende ümbruse halvast tihendamisest jm. Sein seespoolne tellismüüritis kandis vahelae ribipaneele. Sein püsivuse tagas aknapõskedes ja silluste peal tehtud telliskivikihtide sidumine.



Joonis 5. Vaade kahjustatud sillusele ja murenenud tellisseinale väljastpoolt

Halvasti paigaldatud katusekatte (eterniit) tõttu valgus sadevesi eterniitplaatide alla ja sealt mööda raudbetoonist ribipaneele tellisseinale. Vesi imbus tellisseina ülemisse ossa ning sattus ka kahe tellisekihi vahele. Külmutumise ja sulamise tsüklite tõttu lagunesid sein ülaosa väliskihi tellised (Joonis 6). Katuseleke mõjutas ka seespoolset seinakihti (Joonis 7).



Joonis 6. Sein tellised on vee- ja külmakahjustuste tõttu lagunened

Hoone välisseina nii sisemised kui välimised kiviread olid mitmes kohas avariilises seisundis (Joonised 8 ja 9).

Avariiohtlikus seisundis oli seiniosa telgede A/13...14 vahel: tellised olid lagunened ja seintesse olid tekkinud läbivad augud, mis sigala töötajate poolt olid klaasvilla täis topitud. Joonisel 7 on näha ka kaks külmaveetoru, mis veelgi niiskust juurde andsid.

Seda seinosa hinnati hindega 0 ehk tegu oli varinguohuga. Lagunenud osa lammutati ja asendati betoneeritud õõnesplokkidega seesmises kihis ja Aeroc plokkidega väliskihis.



Joonis 7. Niiskuskahjustused sigala seespoolse tellistest kandevseinale. Fotol on näha ka sigala seinal olevad külmaveetorud

Seina seespoolsed aknasillused olid üldiselt tunduvalt paremas seisus kui välimised. Korrosiooni jälgi ega pragusid ei esinenud. Sillused vajasisid vaid puhastamist ja kerget viimistlust, seega nende hinne oli 3.

Seinte olukord mõnede silluste otste all oli halb. Joonisel 8 a) oli aknasillus lagunened seinatõttu vajunud ca 4 cm ühest otsast allapoole. Joonisel 8 b) on näha avariiline olukord, kus akna ümbruses on sein lagunened ning silluse toetuspind seinale on ebapiisav.



Joonis 8. a) silluse üks ots oli vajunud ca 4 cm; b) ribipaneel toetus sillusele, mille alt on tellissein ära lagunenu

Tellisseina välimine kiht oli u 80% ulatuses ilma suuremate kahjustusteta. 6,5 m sein

Uus sein ehitati Aeroc 375 mm plokkidest, mis krohviti seestpoolt lubitsementkrohviga.



Joonis 9. Vundamendi vajumise tõttu lagunes ka sein

Kokkuvõtte sigala N1 seinte seisundist (L 1. Joonis 2): sigala N1 välisseinte kogumahust ligikaudu 25% vastas hindele 1, telgedes A/7...8 oli seina hinne 0 ja telgede A/13...14 oli sein seestpoolt avariiline, hinne 0 (joonis 7). Ülejäänud seinosade hinne oli 2. Välisseinte keskmine hinne oli 1,53. Seinte taastamine nõudis ettearvatult suuri kulutusi (tabel 4, lk 12, 13).

N1 postid. Sigalas paiknesid hoone kesktelgede B ja C ning telgede 3 – 13 ristumiskohtades raudbetoonpostid, sammuga 6 m, mille peale toetusid raudbetoonist talad ja nende peale ribipaneelid. Raudbetoonposte oli 22. Hoone otstes olevad tellisseinad, telgedel 1, 2 ja 14, 15 olid samuti kandvad ja sinna toetusid talad ja ribipaneelid. Teljel 2 olid talade toetamiseks ehitatud kandvale seinale lisaks telgedele B ja C veel tellispostid.

Kõige rohkem korrosioonikahjustusi esines postide alumises osas. Põhjuseks oli tõenäoliselt pidev kokkupuude lágaga, loomade hõõrumine vastu poste ja tehnika poolt tekitatud mehhaanilised kahjustused. Lisaks olid postidesse puuritud avad sulgude teraskonstruktsioonide kinnitamiseks. Teraskinnitused olid korrodeerunud ja murendanud ka postide betooni (Joonis 10). Postidele antud hinded on toodud tabelis 6 ja kantud sigala N1 postide plaanile (L 1. Joonis 3).



Joonis 10. Raudbetoonpostide kahjustused, a) postil on pikipraad, b) terasest sulgude kinnitused posti külge on tekitanud praod posti betooni

Tabel 6. Sigala N1 kandvate postide seisukorra hinded

Postid telgedel 3...13	Post teljel B	Hinne	Post teljel C	Hinne
	3	2	3	2
	4	2	4	3
	5	2	5	3
	6	3	6	1
	7	3	7	2
	8	3	8	3
	9	2	9	2
	10	2	10	3
	11	3	11	3
	12	2	12	2
	13	1	13	3
B telje postide keskmine hinne		2,27	C telje postide keskmine hinne	2,45
B ja C telje postide keskmine hinne		2,36		

Kõige suuremad kahjustused olid postidel, mis asusid telgedel B/13 ja C/6. Sigala N1 postide keskmine hinne oli 2,36, mis on hea ja näitab, et renoveerimiseks ei tule kulutada palju vahendeid (tabel 4, lk 12).

N1 raudbetoontalad. Sigala on poolkarkasshoone, kus telgedel B ja C asuvatele postidele on monteeritud 6 m pikad raudbetoontalad (Joonis 11).



Joonis 11. Tala, mille peale toetuvad ribipaneelid. Talale on tekitatud mehaanilised vigastused elektrikaabli paigaldusel

Kokku oli sigalas 26 tala, millest visuaalsel hindamisel kolm said hindeks 2 ja ülejäänud hinde 3. Hinde vähenemise põhjustasid seadmete ja juhtmete kinnitamisel tehtud mehaanilised vigastused taladele. Visuaalsel vaatlusel saadud hinded on esitatud tabelis 7.

Tabel 7. Sigala N1 talade seisukorra hinded

Talad telgedel 2...14	Talad teljel B	Hinne	Talad teljel C	Hinne
	2	2	2	2
	3	3	3	3
	4	3	4	3
	5	3	5	3
	6	3	6	3
	7	3	7	3
	8	3	8	3
	9	3	9	3
	10	3	10	3
	11	3	11	3
	12	3	12	3
	13	3	13	3
	14	2	14	3
Talade keskmine hinne teljel B		2,85	keskmine hinne teljel C	2,92
B ja C telgede keskmine hinne		2,88		

Talad olid kõige vähem kahjustusi saanud raudbetoonkonstruktsioonid. Nende keskmine hinne oli 2,88, mis tähendab, et nende renoveerimiseks kulub väga vähe vahendeid (tabel 4, lk 12). Talade hinded on märgitud plaanile (L 1. Joonis 4).

N1 raudbetoonist ribipaneelid. Sigalas toetusid raudbetoonribipaneelid silikaatkividest seina sisekihile telgedes A ja D ning telgedes B ja C poolkarkasshoone taladele. Välimiste löövide paneelid olid u 7° kaldega välisseina suunas ja keskmise löövi paneelid olid horisontaalsed. Sigala mõlemas otsas olid paneelid suunaga piki hoonet, toetudes silikaatkivist seintele. Hinnatud raudbetoonist ribipaneele oli kokku 168. Paneelid olid pealt kaetud bituumenvõõbaga, mis oli heaks kaitseks katusekatte läbijooksu korral. Seetõttu ei esinenud ka paneelide katusepoolse pinna kahjustusi (Joonis 12). Eraldi vaadeldi paneelide ribide seisukorda. Hoones sees esines põikiribidel pikipragusid, mis olid põhjustatud korrosioonist (Joonis 13). Kohati oli paneelide vahelistest vuukidest segu välja kukkunud.



Joonis 12. Ribipaneelidest vahelagi pärast puidust katusekonstruktsiooni lammutamist



Joonis 13. Ribipaneeli põikribi armatuuri korrodeerumise tõttu on betoonist kaitsekiht maha pudenenud

Visuaalsel vaatlusel hinnati kõik paneelid eraldi ja hindamistulemused on esitatud tabelites 8 ja 9. Hinded kanti ka sigala N1 paneelide plaanile (L 1. Joonis 5).

Tabel 8. Sigala N1 ribipaneelide hinded telgede 2 – 14 vahel

	Paneeli asukoht telgede A/B vahel	Hinne	Paneeli asukoht telgede B/C vahel	Hinne	Paneeli asukoht telgede C/D vahel	Hinne
1	2	3	4	5	6	7
Paneele hinnati alustades teljest 2 telje 14 suunas	2...3 telgede vahel	2	2...3 telgede vahel	2	2...3 telgede vahel	1
		1		2		2
		2		3		2
		2		3		3
	3...4 telgede vahel	3	3...4 telgede vahel	2	3...4 telgede vahel	2
		2		3		2
		2		3		3
		3		2		3
	4...5 telgede vahel	3	4...5 telgede vahel	3	4...5 telgede vahel	3
		3		3		3
		3		3		3
		3		3		2
	5...6 telgede vahel	2	5...6 telgede vahel	3	5...6 telgede vahel	3
		3		3		3
		3		2		3
		3		3		3

	2	3	4	5	6	7
	6...7 telgede vahel	3	6...7 telgede vahel	3	6...7 telgede vahel	3
		3		2		3
		3		3		3
		3		3		3
	7...8 telgede vahel	3	7...8 telgede vahel	3	7...8 telgede vahel	2
		2		3		2
		3		3		2
		3		3		3
	8...9 telgede vahel	3	8...9 telgede vahel	3	8...9 telgede vahel	3
		3		3		3
		2		2		3
		3		3		3
	9...10 telgede vahel	3	9...10 telgede vahel	2	9...10 telgede vahel	3
		3		3		3
		3		3		2
		3		3		3
	10...11 telgede vahel	3	10...11 telgede vahel	3	10...11 telgede vahel	3
		3		3		3
		3		3		3
		2		3		3
	11...12 telgede vahel	2	11...12 telgede vahel	2	11...12 telgede vahel	3
		2		2		3
		3		3		2
		3		3		3
	12...13 telgede vahel	3	12...13 telgede vahel	3	12...13 telgede vahel	3
		3		3		3
		3		3		3
		2		3		3
	13...14 telgede vahel	1	13...14 telgede vahel	3	13...14 telgede vahel	3
		3		3		2
		2		3		2
		2		2		2
	keskmise hinne	2,63	keskmise hinne	2,77	keskmise hinne	2,69
	Raudbetoonribipaneelide keskmine hinne			2,69		

Ribipaneelide seisukorda võib hinnata heaks. Hinde 1 saanud paneele oli sigala põhiosas ainult 3 ja need asusid sigala otstes, liikumisteede läheduses. Telgede 2 ja 3 vahel on ribide seisund halvem, kui telgede 13 ja 14 vahel. Raudbetoonribipaneelide keskmine hinne on sigala põhiosas 2,69, mis on hea. Paneelide renoveerimiseks kulub vähem, kui nende asendamiseks uutega (Tabel 5, lk 13).

Tabelis 9 esitatakse sigala otstes olevate ribipaneelide hinded.

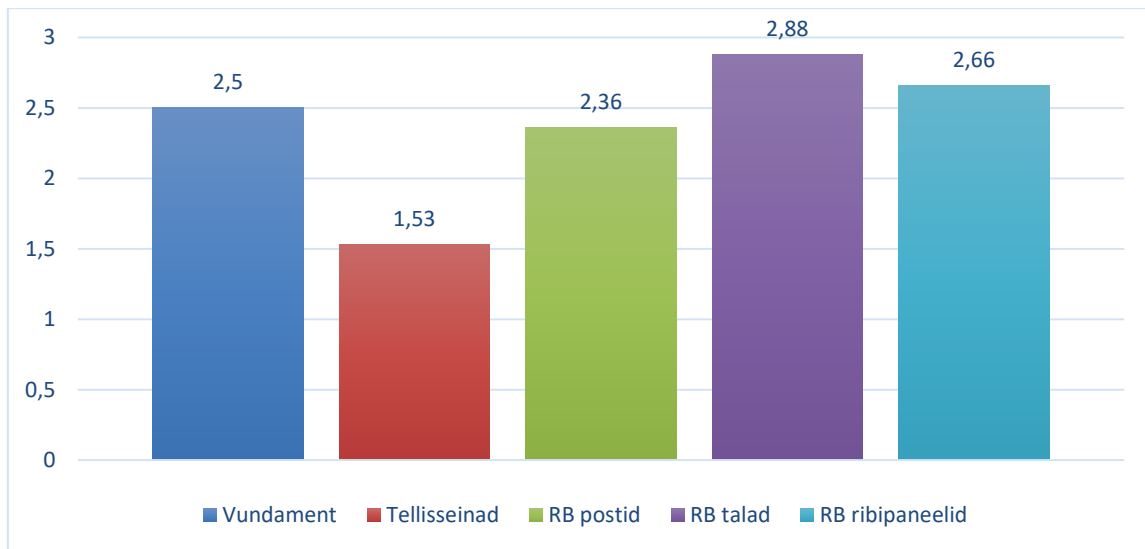
Tabel 9. Sigala N1 abiruumide laes olevate ribipaneelide hinded telgedes 1...2 ja 14...15

Paneele hinnati alates teljest A telje D suunas	Paneeli asukoht 1..2 telje vahel	Hinne	Paneeli asukoht 14..15 telje vahel	Hinne
	telgede A...B vahel	2	telgede A...B vahel	2
		3		3
		2		3
		3		2
	telgede B...C vahel	3	telgede B...C vahel	3
		3		3
		3		3
		3		2
	telgede C...D vahel	3	telgede C...D vahel	3
		3		3
		2		2
		2		2
	Paneelide keskmine hinne telgede 1 ja 2 vahel		Paneelide keskmine hinne telgede 14..15 vahel	
	Raudbetooniribipaneelide keskmine hinne sigala abiruumides			

Tabelist 9 näeme, et abiruumides olevate ribipaneelide keskmine hinne on madalam, kui sigala põhiosa ribipaneelide keskmine hinne, kuigi erinevus on väga väike. Kõikide visuaalselt hinnatud paneelide keskmine hinne on 2,66. See tähendab, et nende seisund on visuaalselt hinnatud heaks ja paneelide renoveerimiskulud ei ole suuremad, kui oleks uute paneelide hankimis- ja paigalduskulud (Tabel 5, lk 13).

2.2.2. Kokkuvõtte sigala N1 kandekonstruktsioonide seisukorrast

Joonisel 20 on toodud visuaalse vaatluse teel sigala N1 kandekonstruktsioonide keskmised hinded tulpdiagrammina.



Joonis 20. Sigala N1 erinevate kandekonstruktsioonide keskmine hinne

Eeldades, et kõigi kandekonstruktsioonide osatähtsus hoone toimivuse tagamisel on võrdse kaaluga, saame sigala N1 kande- ja piirdekstruktsioonide keskmiseks üldhindeks 2,39 ja raudbetootarindite keskmiseks hindeks 2,63.

Tarinditel, hindega 1, ehk kohati avariilistel tarinditel, olid peaarmatuuril märgatavad pikipraad, kaitsekiht kohati puudus ja põikarmatuur oli korrodeerunud. Betooni survetugevuse näitajad olid kõigele vaatamata head ja ületasid miinimumnõudeid. Seega ei olnud 40 aastaga betoonist kandekonstruktsioonid oma tugevust kaotanud. Tarindite katmata armatuuri diameeter ei olnud silmaga vaadates vähenenud. Kui tarindi peaarmatuur korrodeerub, siis konstruktsiooni kandevõime väheneb. Kuna seda ei olnud juhtunud, oli mõistlik ka need tarindid säilitada ja remontida, sest betooni survetugevus ei olnud vähenenud. Renoveerimise käigus eemaldati lahti löönud betoonist kaitsekiht, tehti armatuurile korrosioonikaitse ja taastati endine kaitsekiht spetsiaalse tsementseguga [17].

2.2.3. Sigala N1 raudbetoonkonstruktsioonide hindamine pörkevasaraga

Maaehituse õppetoolis säilitatud vanade sigalaprojektide hulgast leiti tüüpprojekt [20], mille plaani- ja konstruktiivne lahendus oli sarnane uuritava sigalaga ja kust sai teada sigalates sel ajal kasutatud raudbetoondetailide markeeringud. Kasutades Nõukogude Liidu tolleaegset

betoondetailide kataloogi [19], tehti kindlaks kasutatud betooni mark ja nõutud survetugevus, mis oli postidel ja taladel 15 MPa ja ribipaneelidel 22,5 MPa. Kataloogi andmetel oli nõutav betooni mark taladel ja postidel M200 ja ribipaneelidel M300. M200 vastab kuubikulisele suvetugevusklassile B15 MPa ja M300 vastab kuubikulisele suvetugevusklassile B22,5 MPa [21].

Selleks, et kontrollida visuaalsel vaatlusel saadud konstruktsioonide hindamistulemusi, määrati raudbetoonpostide betooni survetugevust pörkevasaraga Matest C386N Digital test hammer. Betooni survetugevust määrati 24 tarindil – neist kaheksal postil, kaheksal ribipaneelil ja kuuel talal. Kuna talade seisukord visuaalsel vaatlusel osutus väga heaks, siis ei olnud mõtet määrata nende betooni survetugevust rohkematel kordadel.

N1 postid. Betooni survetugevust määrati visuaalsel vaatlusel erinevaid hindeid (1 kuni 3) saanud raudbetoonpostidel ja saadud tulemused on esitatud tabelis 10. Betooni normatiivne survetugevus selle konstruktsiooni korral peaks postidel olema 15 MPa. Tabelisse on lisatud ka visuaalsel vaatlusel postile antud hinne.

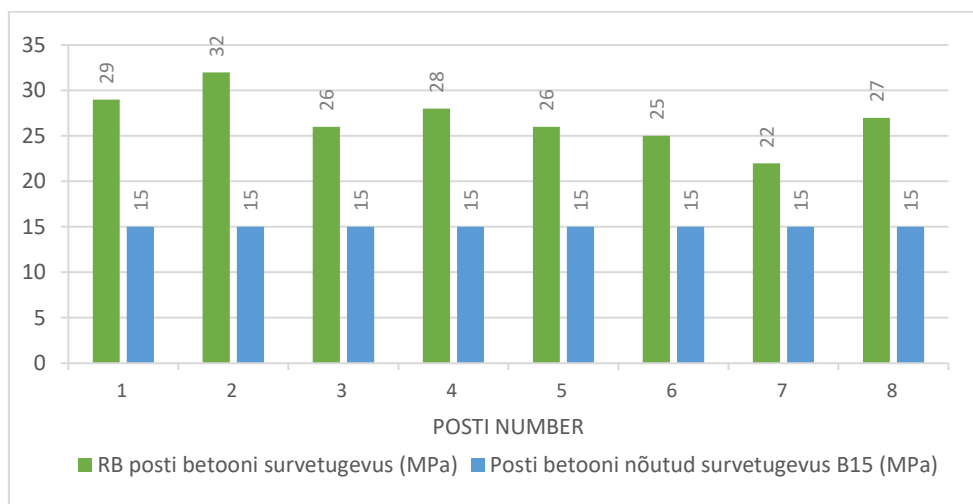
Tabel 10. Sigalas N1 pörkevasaraga Matest määratud raudbetoonpostide betooni survetugevused

Sigala N1 postide			
Posti nr	Postide asukoht telgedel	Betooni survetugevus N/mm² (MPa)	Visuaalse vaatluse hinne
P1	B/3	29	2
P2	B/5	32	2
P3	B/10	26	2
P4	B/13	28	1
P5	C/3	26	2
P6	C/6	25	1
P7	C/9	22	2
P8	C/11	27	3
Betooni vähim ja suurim survetugevus		22 ja 32	
Betooni keskmine survetugevus		26,88	1,88

Kõige nõrgem, 22 MPa, oli betooni survetugevus postil, asukohaga telgede C/9 ristumiskohas. Posti visuaalse vaatluse hinne oli siiski 2. Postidel, asukohaga telgede B/13 ja C/6 ristumiskohtades, mis said visuaalsel hindamisel madala hinne 1, oli betooni

survetugevus pörkevasaraga määrates vastavalt 28 ja 25 MPa, mis on suurem kui normatiivne.

Betooni survetugevust määrati ka hinde 3 saanud postil, asukohaga telgede C/11 ristumiskohas. Post oli terve, korrosioonikahjustusi ja pragusid ei esinenud. Posti betooni survetugevus oli 27 MPa. Postide betooni mõõdetud keskmine survetugevus oli 26,88 MPa. Joonisel 14 on kujutatud postide pörkevasaraga määratud betooni survetugevuste tulpdiaagramm ja võrdluseks on toodud normatiivne survetugevus.



Joonis 14. Sigala N1 postide pörkevasaraga määratud betooni survetugevus võrreldes valmistamisel nõutud betooni survetugevusega

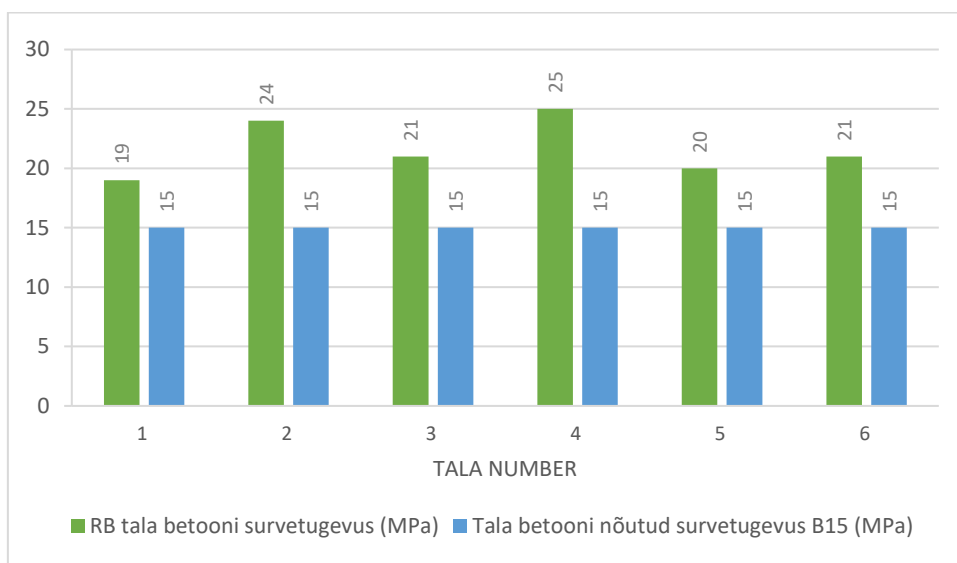
Nagu joonisel 14 näha, ei ole ühegi posti betooni survetugevus allapoole normatiivset, mis tähendab, et nende kandevõime vaatamata visuaalsel vaatlusel avastatud vigadele ja mõnedele halbadele hindele on ometi keskmiselt hea ja betooni survetugevus vastab nõuetele [19]. Kokkuvõtteks saab öelda, et postid on vähe mõjutatud konstruktsiooniosad ja pärast defektide kõrvaldamist võib neid edasi kasutada.

N1 talad. Sigalas N1 olid raudbetoonkonstruktsioonidest kõige paremas seisukorras talad. Visuaalsel vaatlusel hinnati 3 tala 24-st hindega 2, ülejäänute hinne oli 3. Seega ei olnud vajadust teha üle kuue kontrollmõõtmise. Betooni survetugevust määratigi kolmel hinde 2 saanud talal ja kolmel hinde 3 saanud talal. Talade tollane betooni survetugevus pidi olema B15 nõuetele vastav [19]. Talade betooni pörkevasaraga määratud survetugevused on toodud tabelis 11.

Tabel 11. Sigalas N1 pörkevasaraga Matest määratud raudbetoonialade betooni survetugevus

Sigala N1 talad			
Tala nr	Tala asukoht telgedel	Betooni survetugevus N/mm ² (MPa)	Hinne
T1	B/2..3	19	2
T2	B/7..8	24	3
T3	B/13..14	21	2
T4	C/2..3	25	2
T5	C/7..8	20	3
T6	C/10..11	21	3
Betooni vähim ja suurim survetugevus		19 ja 25	
Betooni keskmine survetugevus		21,67	2,50

Kõige madalam betooni survetugevus, 19 MPa, mõõdeti hinde 2 saanud talal, telgede B/2...3 ristumiskohal. Talade betooni survetugevus oli postide omast madalam. Talade betooni survetugevuse määratud keskmine väärtus oli 21,67 MPa. Joonisel 15 on mõõtmistulemused kujutatud tulpdiagrammina.



Joonis 15. Sigala N1 talade betooni pörkevasaraga määratud survetugevused võrreldes valmistamisel nõutud betooni survetugevusega

Nagu jooniselt 15 näha, olid kõik mõõdetud survetugevused nõutavast suuremad. Ka neid konstruktsioone võib pärast kahjustuste parandamist edasi kasutada.

Ribipaneelid. Järgmiseks määrati pörkevasarat kasutades ribipaneelide betooni survetugevus. Ribipaneelide asukohad ja betooni mõõdetud survetugevused on toodud tabelis 12. Ribipaneelide betooni survetugevust mõõdeti pikiribi seespoolsest küljelt, kõige

paksemast kohast. Parema ülevaate saamiseks on tabelisse lisatud visuaalsel hindamisel antud hinne.

Tabel 12. Sigalas N1 pörkevasaraga Matest määdetud raudbetoonribipaneelide betooni survetugevuse väärtused

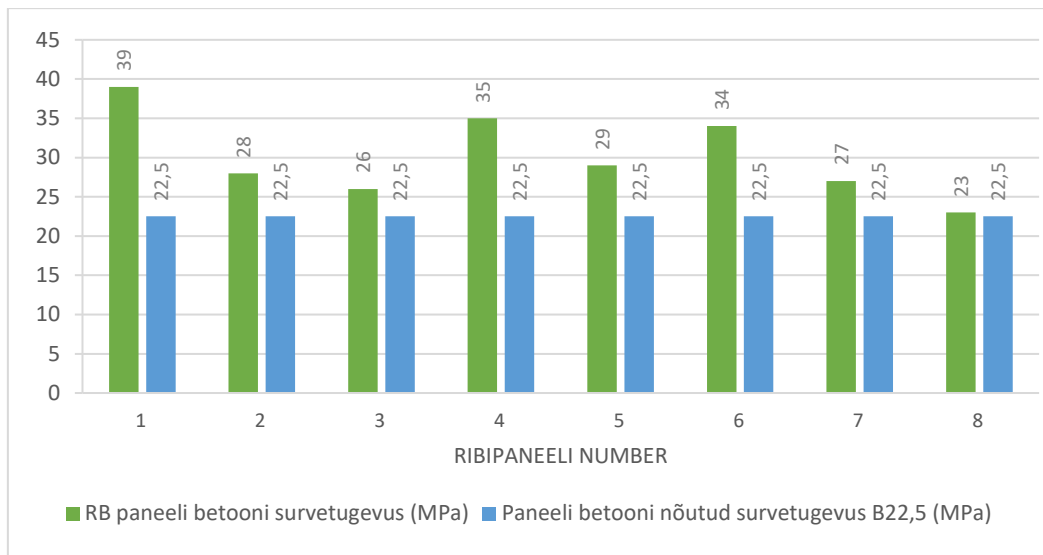
Sigala N1 ribipaneelid			
Ribipaneeli nr	Ribipaneeli asukoht telgedel	Betooni survetugevus N/mm ² (MPa)	Hinne
Pan1	A..B/1..2	39	2
Pan2	A..B/2..3	28	1
Pan3	A..B/13..14	26	1
Pan4	B..C/5..6	35	2
Pan5	C..D/2..3	29	1
Pan6	C..D/8..9	34	3
Pan7	C..D/13..14	27	2
Pan8	C..D/14..15	23	2
Betooni vähim ja suurim survetugevus		23 ja 39	
Betooni keskmine survetugevus		30,13	1,75

Betooni survetugevust mõõdeti erinevate defektidega ribipaneelidel. Kõige madalam betooni survetugevus, 23 MPa, oli paneelil asukohaga telgede C/D ja 13/14 vahel, mis oli nõutud survetugevuse (22,5 MPa) alumise piiri lähedal. Visuaalsel hindamisel anti paneelile hinne 2.

Sigalas oli kolm paneeli, millel olid märgatavad korrosioonikahjustused ja pikipraod pikiribides ning mis visuaalsel vaatlusel hinnati hindegga 1. Pörkevasaraga kontrolliti ka nende paneelide betooni survetugevust ja see oli vastavalt 26, 28 ja 29 MPa. Tabelist 12 näeb ka paneelide asukohta.

Visuaalsel vaatlusel hinne 3 saanud paneeli betooni survetugevus oli 34 MPa. Paneeli asukoht oli telgede C/D ja 8/9 vahel. Paneel vajab ainult puhastamist ja ülelupjamist.

Mõõdetud ribipaneelide betooni keskmine survetugevus oli 30,13 MPa ja suurim survetugevus oli 39 MPa. Mõõtmised näitasid, et ka raudbetoonribipaneelile võib pärast kahjustatud kohtade korrosioonikaitset ja betoonist kaitsekihtide taastamist kandekonstruktsioonina edasi kasutada. Joonisel 16 on esitatud ribipaneelide betooni survetugevuse tulemused tulpdiagrammina.



Joonis 16. Sigala N1 ribipaneelide betooni pörkevasaraga määratud survetugevused võrreldes valmistamisel nõutud betooni survetugevusega

Jooniselt 16 on näha, et ka kõigi ribipaneelide määratud survetugevus on suurem nõutavast ja neid võib edasi kasutada, kuigi nõuded betooni survetugevusele olid siin kõige suuremad ja määratud survetugevused ning nõutavad survetugevused erinesid vähem, kui teiste raudbetootarindite korral.

2.2.4. Sigala N1 mittekanadvate tarindite seisukorra hindamine visuaalselt

N1 Põrandad. Sigalas olid täies ulatuses betoonist aluspõrandad, mis olid armeerimata. Betoonikihi paksus oli 100 – 170 mm. Kohati olid põrandates vajumid, mille pragudest pääses läga pinnasesse ja oli tekitanud vajumislehtreid. Sulgude põrandad olid ehitatud kaldega kraapkanali poole, et survepesuriga pestes voolaks sõnnik lägakanalisse. Kanali põhjas oli kettkraap (Joonis 17), mis vedas läga ühenduskoridoris olevasse kanalisse ja sealt liikus see edasi pumplasse.

Lammutamisel selgus, et põranda alusmaterjaliks oli kuni 100 mm kruusa, mis oli kanalite all lägast läbiimbunud ning kruusa all oli saviliiv. Põrand oli amortiseerunud. Lisaks ei võimaldanud selline konstruktsioon võtta kasutusele tänapäevast sõnnikueemaldamise tehnoloogiat – so täisrestpõrandat lägakanalitega, seega tuli kogu põrand välja lammutada.



Joonis 17. Sigala N1 seestvaade, näha on põrandal kettidega kraapkanalid

N1 Avatäited. Sigalas olid sissepoole avanevad PVC aknad, mis olid vahetatud 2014. aastal, kaks aastat enne sigalate rekonstrueerimist. Kõik aknad olid väljastpoolt kaetud PVC võrguga, et akende avamisel ei pääseks sigalasse linnud ega väiksed loomad. See on bioohutuse nõue. Akende alla olid küll algselt ilmselt veeplekid paigaldatud, kuid osa neist oli kadunud ja veeplekkidega kaitsmata seinast oli telliseid välja kukkunud. Paljud aknaümbrused olid halvasti tihendatud ja viimistlemata – näha oli montaaživaht (Joonis 18). Montaaživaht võimaldab närilistele suurepärase sissepääsu sigalasse. Hoones sees oli küll aknaaluseid kohti parandatud betooniga, kuid betoon oli pragunenud ja maha pudenenud.

Sigalas olevad plekk-uksed olid amortiseerunud. Plekk roostetanud ja uksed käisid kinni-lahti halvasti, seega tuli välja vahetada kõik uksed. Aknaid välja ei vahetatud, vaid pesti puhtaks ning katkisi remonditi. Osa aknaavasid müüriti kinni ja osadesse aknaavadesse paigaldati ventilatsiooni sissepuhkeklapid ja müüriti/tihendati nende ümbert. Kuna avatäidete väljavahetamine oli osaline, siis avatäidete seisukorra hinne oli 2,5.



Joonis 18. Sigala PVC aknad

Avatäidete asendamiseks kulus samuti vähem vahendeid.

N1 katuse konstruktsioon. Katusekatteks oli laineline eterniit, mille peale oli aastatega tekkinud sammal ja mille teket soodustas katuse väike kalle. Katusekatte visuaalsel vaatlusel sai selgeks, et iga teine eterniitplaat oli kahjustatud, kas mõrane või auklik, mis omakorda põhjustas läbijooksu ning rikkus puidust kandekonstruktsiooni. Katuse kandekonstruktsiooniks olid puitprussidest lamavsarikad 50 x 150 mm, mis paiknesid risti hoonet sammuga 600 kuni 800 mm külglöövide kohal. Vahelae ribipaneelid telgede A ja B ning C ja D vahel olid 7° kaldega, kesklöövi paneelid olid paigaldatud horisontaalselt. Hoone keskmisele paneelile oli ehitatud keskele sarikate toetamiseks 300 mm kõrgune gaasbetoonplokkidest müür, mis tagas keskmiste puitsarikate sobiva kalde (L 3. Joonis 1). Sarikate vahel oli klaasvillast soojustus, mis oli ajaga kokku vajunud ning kus oli palju näriliste pesi. Puitsarikad oli kaetud 25 mm tiheda laudisega, mis oli üleni kaetud ruberoidiga. Ruberoid oli pragunenud ning ei olnud enam vettpidav, puitsarikad mädanenud ja kohati ära vajunud. Katusekatte ja puitkonstruktsiooni hinne oli 0. Kogu puidust katusekonstruktsioon vajab väljavahetamist.

N1 Ventilatsioon. Sigalas N1 oli rekonstrueeritavatest sigalatest kõige halvem ventilatsioonisüsteem. Kuna ribipaneelide ja katuse konstruktsiooni vahel ei olnud piisavalt ruumi, et teha paneelidesse rohkem ventilatsiooniavasid, siis oli 1200 m² kohta ainult üks väljatõmbekorsten. Värske õhu sissepuhkeks olid seintesse ehitatud ruudukujulised või ümarad väljastpoolt plekiga kaetud avad, nagu näha joonisel 19, mis olid seestpoolt kinni müüritud, sest aknaid avades oli lihtsam õhu liikumist reguleerida.



Joonis 19. Sigala N1 katuse puitkonstruktsiooni lammutus

Sigala ventilatsioonisüsteem tuli loomulikult uuendada. Kinni betoneeriti vahelaes asunud ventiltasioonikorstna avaus ja remondi käigus puuriti ribipaneelidesse avad uute ventilatsiooni väljatõmbe korstnate jaoks.

2.3. Sigala N3 seisukorra hindamine

2.3.1. Sigala N3 kandekonstruktsioonide seisukorra hindamine visuaalselt

N3 soklid. Sigala N3 oli täiskarkasshoone, va otsasein A teljel, mis oli ehitatud betoonplokkidest lintvundamendile. Kõik raudbetoonist postid toetusid kannvundamentidele. Hoone sokliks olid raudbetoonist talad, mille peale toetusid gaasbetoonpaneelid. Soklitalad olid üldiselt heas seisukorras, kuid ühes kohas (Joonis 21) oli suur niiskuskahjustus seinal ja soklitala kaitsekiht oli pragunenud.



Joonis 21. N3 soklitala ja seinä niiskuskahjustused

Visuaalsel vaatlusel sokli vajumeid hoone perimeetril ei tuvastatud. Kokkuvõttes hinnati soklid hindeg 2,8, sest esinesid üksikud kahjustatud kohad.

N3 raudbetoonpostid. Telgede 2 ja 12 vahel olid 6 m sammuga raudbetoonpostid, mille peale toetusid hoone külgseinaga risti paigaldatud raudbetoonjalad ja nende peale ribipaneelid. Hoones oli kokku 44 posti. Nii nagu sigalas N1, olid ka siin postidesse puuritud augud ja kinnitatud sulgude teraskonstruktsioonid, mis põhjustasid roostetamist ja argessiivse keskkonna lihtsamat ligipääsu armatuurile. Postide visuaalse hindamise tulemused on esitatud (L 2. Joonis 2) ja tabelis 13. Postidel suuri kahjustusi ei esinenud – madalaim hinne oli 2.

Tabel 13. Sigalas N3 telgedel A, B, C ja D kandvate postide seisukorra hindamine

Postid telgedel 2...12	Post teljel A	Hinne	Post teljel B	Hinne	Post teljel C	Hinne	Post teljel D	Hinne
	2	3	2	2	2	3	2	3
	3	2	3	3	3	2	3	3
	4	3	4	3	4	2	4	3
	5	3	5	2	5	3	5	3
	6	3	6	3	6	3	6	3
	7	2	7	2	7	3	7	3
	8	3	8	3	8	2	8	3
	9	3	9	3	9	3	9	3
	10	3	10	2	10	2	10	3
	11	3	11	3	11	2	11	3
	12	3	12	3	12	3	12	3
	keskmine hinne	2,82	keskmine hinne	2,64	keskmine hinne	2,55	keskmine hinne	3,00

Kõigi postide keskmine hinne 2,75

Äärmiste postiridade ehk A ja D telje postide keskmine hinne oli vastavalt 2,82 ja 3. B telje postide keskmine hinne oli 2,64 ja C telje postide keskmine hinne oli 2,55. Tabelist 13 näeme, et sisemiste ridade postid olid rohkem kahjustatud, mis võis olla tingitud halvemast sisekliimast hoone keskel. Sigala N3 kõigi postide keskmine hinne oli 2,75, mis on parem, kui sigalas N1. Põhjuseks ilmselt suurema kaldega ja paremini säilinud kattega katus ja parem ventilatsioon, mistõttu oli sigala õhk vähem saastunud ja kuivem. Sigala N3 ehitusaeg oli samuti hilisem – 1980-ndatel.

N3 raudbetoontalad. Raudbetoontalad olid monteeritud postidele, suunaga risti hoonet. Kokku hinnati visuaalselt 33 tala. Teljel 6/A...B oleval talal oli üle 1 m pikkune pragu peaarmatuuri kaitsekihis. Kui kaitsekiht maha pudeneks, siis tuli nähtavale korrosioonikahjustus pikiarmatuuril (Joonis 22). Kogu lahtilöönud kaitsekihi eemaldamisel selgus, et korrosioon oli tekkinud pikiarmatuuril ebapiisava kaitsekihi (alla 20 mm) tõttu. Tala oli avarii-eelne ning sai hindeks 1.



Joonis 22. Raudbetoontala pikiarmatuur on ebapiisava kaitsekihi tõttu korrodeerunud

Talade hindamistulemused on kantud N3 talade plaanile (L 2. Joonis 3) ja esitatud tabelis 14.

Tabel 14. Sigala N3 talade seisukorra hindamine

Talad telgedel 2..12	Tala A ja B telje vahel	Hinne	Tala B ja C telje vahel	Hinne	Tala C ja D telje vahel	Hinne	
	2	3	2	3	2	3	
	3	1	3	3	3	3	
	4	3	4	3	4	3	
	5	3	5	3	5	3	
	6	3	6	3	6	3	
	7	3	7	3	7	3	
	8	3	8	3	8	3	
	9	3	9	3	9	3	
	10	3	10	3	10	3	
	11	3	11	3	11	2	
	12	3	12	3	12	3	
keskmine hinne		2,82	keskmine hinne		3,00	keskmine hinne	2,91
Kõigi talade keskmine hinne				2,91			

Talade keskmine hinne oli 2,91, mis on väga hea ja kõrgem, kui oli sigalas N1.

N3 raudbetoonist ribipaneelid. Vahelagi oli nagu sigalas N1 ehitatud raudbetoonist ribipaneelidest, aga kaetud viilkatusega (katusekonstruktsioon oli puidust). Sigalas N3 oli

kokku 132 ribipaneeli, mis toetusid raudbetoontaladele. Teljel 1 toetusid paneelid ühe otsaga tellisseinale. Ribipaneelide hindamisel oli näha põikribidel pikipragusid ja pragusid oli ka plaadi osal, kus terasarmatuur oli hakanud väikese kaitsekihi tõttu korrodeeruma. Roostetama olid hakanud ka terasest kinnituskingad (Joonis 23). Sigala N3 ribipaneelide survetugevused on toodud tabelis 15 ja kantud lisse (L 2. Joonis 3).



Joonis 23. Ribipaneeli põikribil, teraskingal ja plaadi armatuuril on korrosioonikahjustused

Tabel 15. Sigala N3 ribipaneelide seisukorra hindamine

	Paneeli asukoht A ja B telje vahel	Hinne	Paneeli asukoht B ja C telje vahel	Hinne	Paneeli asukoht C ja D telje vahel	Hinne
1	2	3	4	5	6	7
Paneele loetakse A teljest D telje suunas	1...2 telgede vahel	3	1..2 telgede vahel	3	1..2 telgede vahel	3
		3		3		3
		3		3		3
		2		3		3
	2..3 telgede vahel	3	2..3 telgede vahel	3	2..3 telgede vahel	3
		3		3		3
		3		3		3
		3		3		3
	3..4 telgede vahel	3	3..4 telgede vahel	3	3..4 telgede vahel	3
		2		2		3
		3		3		3
		3		3		3
	4..5 telgede vahel	3	4..5 telgede vahel	3	4..5 telgede vahel	3
		3		3		3
		3		3		3
		3		3		2
	5..6 telgede vahel	3	5..6 telgede vahel	3	5..6 telgede vahel	3
		3		2		3
		2		3		3
		3		2		3

	2	3	4	5	6	7	
	6..7 telgede vahel	3	6..7 telgede vahel	3	6..7 telgede vahel	3	
		3		3		3	
		3		3		3	
		3		3		3	
	7..8 telgede vahel	2	7..8 telgede vahel	3	7..8 telgede vahel	3	
		3		3		3	
		3		3		3	
		3		3		3	
	8..9 telgede vahel	3	8..9 telgede vahel	3	8..9 telgede vahel	3	
		3		3		3	
		3		2		2	
		3		3		3	
	9..10 telgede vahel	3	9..10 telgede vahel	3	9..10 telgede vahel	3	
		3		2		3	
		3		3		3	
		3		3		3	
	10..11 telgede vahel	3	10..11 telgede vahel	3	10..11 telgede vahel	3	
		3		3		3	
		2		2		3	
		3		3		3	
	11..12 telgede vahel	3	11..12 telgede vahel	3	11..12 telgede vahel	3	
		3		3		3	
		3		3		3	
		3		3		2	
	keskmine hinne		2,90	keskmine hinne	2,85	keskmine hinne	2,93
	Telgedel 2...12/A...D paneelide keskmine hinne				2,89		

Sigala N3 ribipaneelide keskmine hinne oli 2,89.

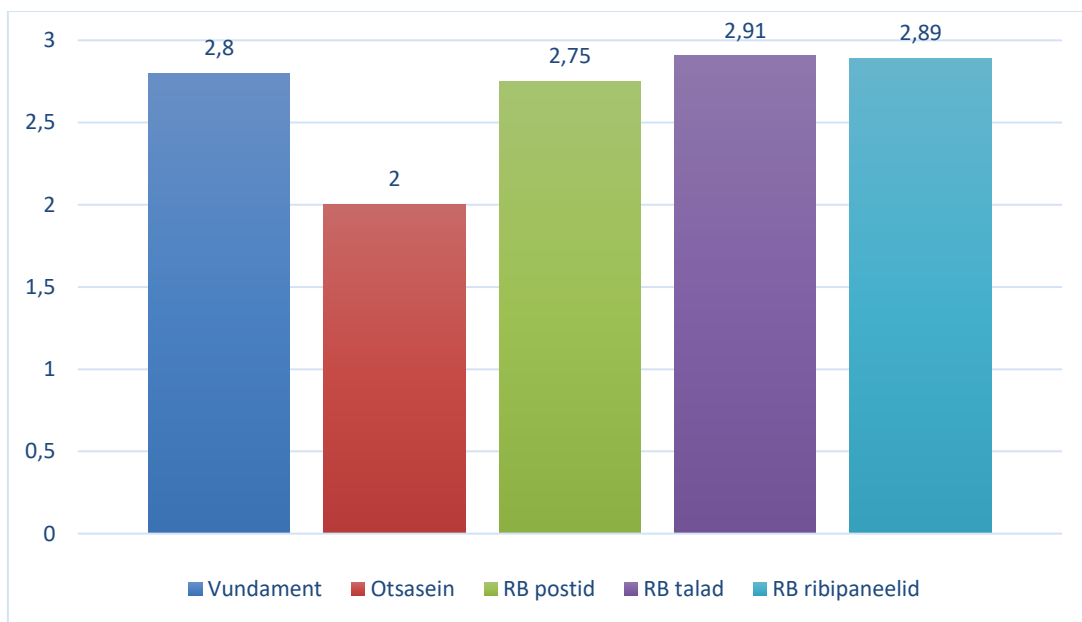
N3 kandev otsasein. Teljel 1 paiknes silikaat-tellisest ehitatud kandev sein, millele toetusid ribipaneelid. 2004 aastal, kui sigala ümber ehitati, laoti kolm otsaseinas olnud väravat gaasbetoonplokkidega kinni (Joonis 24). Kandva otsaseina seisukord oli väga hea. Vaatlusel pragusid ega vajumeid ei leitud, kuid gaasbetoonplokid ei sobi sigala siseseina, sest nad imavad endasse niiskust. See oli seina põhiline puudus, millepärast tuli otsasein seestpoolt rekonstrueerimise käigus krohvida lubitsement krohviga. Kandva otsaseina hinne oli 2.



Joonis 24. Silikaat-tellistest otsasein ja kinni laotud väravad

2.3.2. Kokkuvõtte sigala N3 kandekonstruktsioonide seisukorrast

Sigala N3 kandvate konstruktsioonide seisukorra visuaalse hindamise tulemused on esitatud tulpdiagrammina joonisel 25.



Joonis 25. Sigala N3 kandvate konstruktsioonide keskmine hinne

Jooniselt 25 näeme, et sigala N3 kandvate konstruktsioonide seisukord on hea. Kuna hoone ehitusaeg oli hilisem, kui sigalal N1, siis oli see ka üsna oodatav tulemus. Kuna selle sigala katusekate oli terve, siis oli ka veekahjustusi seintel kogu perimeetri ulatuses vähem. Konstruktsioonide keskmine hinne oli 2,67.

2.3.3. Sigala N3 raudbetoonkonstruktsioonide hindamine pörkevasaraga

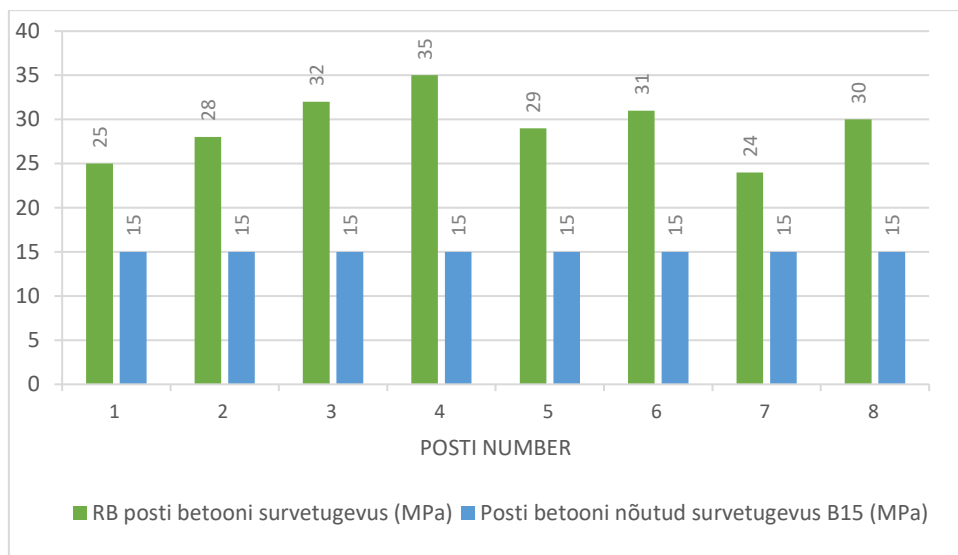
N3 postid. Nii nagu sigalas N1 määrati ka siin mittepurustaval meetodil pörkevasaraga Matest kandekonstruktsioonide betooni survetugevust. Kokku määrati betooni survetugevus 24 tarindil. Postide betooni survetugevus on esitatud tabelis 16.

Tabel 16. Sigalas N3 pörkevasaraga Matest mõõdetud raudbetoonpostide betooni survetugevused

Sigala N3 postid			
Posti nr	Posti asukoht telgedel	Betooni survetugevus N/mm ² (MPa)	Hinne
P1	A/3	25	2
P2	B/2	28	2
P3	C/4	32	2
P4	B/5	35	2
P5	D/7	29	3
P6	B/10	31	2
P7	C/11	24	2
P8	C/12	30	3
Betooni vähim ja suurim survetugevus		24 ja 35	
Betooni keskmine survetugevus		29,25	2,25

Tabelist näeme, et kõige nõrgem, 24 MPa, oli betooni survetugevus postil, asukohaga telgede C/11 ristumiskohas. Posti hinne visuaalsel vaatlusel oli 2.

Betoonpostide keskmine survetugevus oli 29,25, mis on parem, kui oli sigalas N1 ja tulemused on kujutatud tulpdiaagrammina joonisel 26.



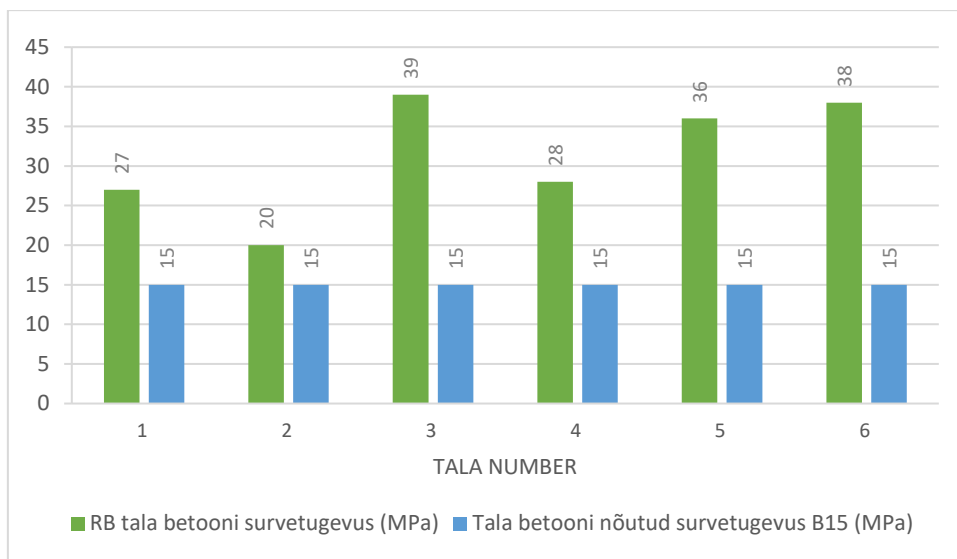
Joonis 26. Sigala N3 postide betooni pörkevasaraga määratud survetugevused võrreldes valmistamisel nõutud betooni survetugevusega

N3 talad. Sigalas N3 määrati pörkevasaraga 6 tala betooni survetugevus. Valimis olid talad visuaalse vaatluse hinnetega 1, 2 ja 3. Talade survetugevused on esitatud Tabelis 17.

Tabel 17. Sigalas N3 pörkevasaraga Matest mõõdetud raudbetoonialade betooni survetugevus

Sigala N3 talad			
Tala nr	Tala asukoht telgedel	Betooni survetugevus N/mm ² (MPa)	Hinne
T1	A..B/3	27	1
T2	A..B/7	20	3
T3	B..C/4	39	3
T4	B..C/9	28	3
T5	C..D/2	36	3
T6	C..D/11	38	2
Betooni vähim ja suurim survetugevus		20 ja 39	
Betooni keskmine survetugevus		31,33	2,50

Tabelist 17 näeme, et talade betooni keskmine survetugevus oli 31,33 MPa. Tabeli 17 andmete põhjal tehti tulpdiaagramm, millel määratud survetugevust võrreldi normatiivsega (Joonis 27).



Joonis 27. Sigala N3 talade betooni pörkevasaraga määratud survetugevused võrreldes valmistamisel nõutud betooni survetugevusega

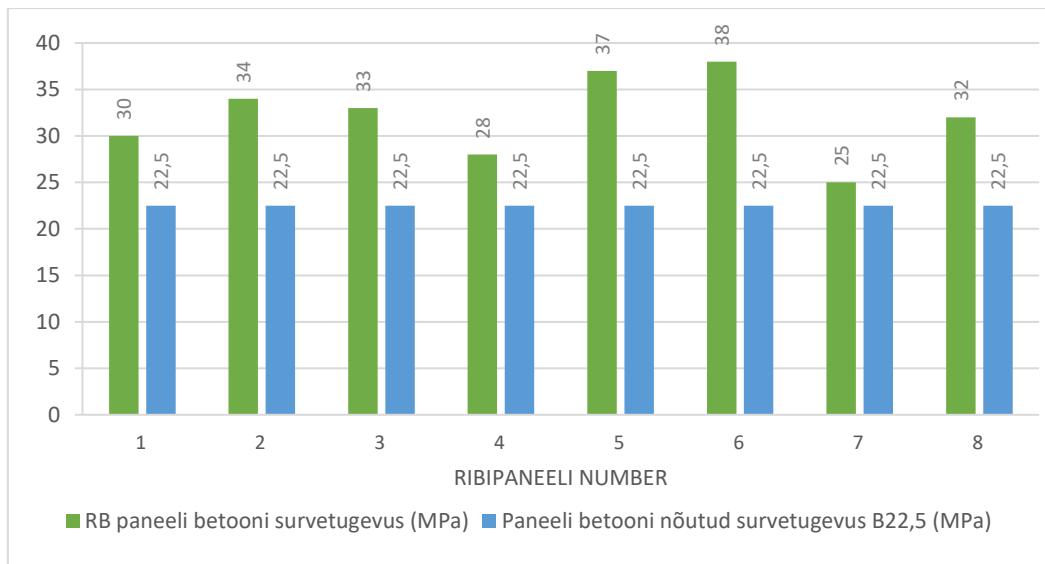
Nagu joonistelt 26 ja 27 näha, ületab kõigi postide ja talade betooni määratud survetugevus normatiivset. Sellest saab järeldada, et vaatamata vigadele on postide ja talade rekonstrueerimine ja edasine kasutamine odavam, kui nende asendamine uutega.

N3 ribipaneelid. Sigalas N3 määrati kaheksa raudbetoonribipaneeli betooni survetugevust. Saadud tulemused on esitatud tabelis 18.

Tabel 18. Sigalas N3 pörkevasaraga Matest määratud raudbetoonribipaneelide betooni survetugevused

Sigala N3 ribipaneelid			
Ribipaneeli nr	Ribipaneeli asukoht telgedel	Betooni survetugevus N/mm ² (MPa)	Hinne
Pan1	A..B/1..2	30	2
Pan2	A..B/7..8	34	2
Pan3	A..B/10..11	33	2
Pan4	B..C/2..3	28	3
Pan5	B..C/8..9	37	2
Pan6	C..D/1..2	38	3
Pan7	C..D/4.5	25	2
Pan8	C..D/11..12	32	2
Betooni vähim ja suurim survetugevus		25 ja 38	
Betooni keskmine survetugevus		32,13	2,25

Tabelist 18 näeme, et ribipaneelide betooni survetugevus on normatiivsega võrreldes kõige kehvem. Sama oli ka sigalas N1. Määratud ja normatiivse survetugevuse võrdlus on toodud joonisel 28.



Joonis 28. Sigala N3 ribipaneelide betooni pörkevasaraga määratud survetugevused võrreldes valmistamisel nõutud betooni survetugevusega

Nagu sigalas N1 oli ka siin raudbetoonist kandekonstruktsioon heas seisukorras ja rekonstrueerimise kulud seetõttu ettearvatavalt väiksemad, kui tarindite väljavajetamine.

2.3.4. Sigala N3 mittekandvate tarindite seisukorra hindamine visuaalselt

N3 välisseinad. Nuumsigala pikisuunaliste välisseinte alumine ja ülemine osa oli ehitatud gaasbetoonpaneelidest, mis olid alt toetatud raudbetoonsooklile ja ülemised paneelid toetusid akende vahele laotud gaasbetoon kinnitatud talade ja postide külge. Sigalas sees oli vastu välisseina põrandale laotud 1,2 m kõrgune poole kivi paksune silikaatkividest müür, et sead ei kahjustaks (ei näriks) gaasbetoon paneele.

Halva ventilatsiooni tõttu oli niiskussisaldus sigalas suur, niiskus imbus seintesse ning talvel tekkisid välisseintele külmakahjustused. Niiskus ja happeline keskkond põhjustas paneelide armatuurvõrgu korrodeerumist. Kahjustusi ei olnud siiski väga palju. Alumiste gaasbetoon-paneelide vahelt oli kohati välja kukkunud vuugitäide (Joonis 29).



Joonis 5. Gaasbetoonpaneelide vuukidest oli segu välja kukkunud.

Kõik sigalas N3 olevad gaasbetoonpaneelid hinnati visuaalselt ja tulemused on tabelis 19.

Tabel 19. Gaasbetoonpaneelide hindamistulemused

Gaasbetoonpaneelide hinnati alates teljest A telje D suunas	Gaasbetoonpaneeli asukoht A teljel	Hinne	Gaasbetoonpaneeli asukoht D teljel	Hinne
	1..2 telgede vahel	1	1..2 telgede vahel	2
	2..3 telgede vahel	2	2..3 telgede vahel	2
	3..4 telgede vahel	2	3..4 telgede vahel	2
	4..5 telgede vahel	2	4..5 telgede vahel	0
	5..6 telgede vahel	2	5..6 telgede vahel	2
	6..7 telgede vahel	1	6..7 telgede vahel	2
	7..8 telgede vahel	2	7..8 telgede vahel	2
	8..9 telgede vahel	2	8..9 telgede vahel	2
	9..10 telgede vahel	2	9..10 telgede vahel	1
	10..11 telgede vahel	2	10..11 telgede vahel	2
	11..12 telgede vahel	2	11..12 telgede vahel	2
keskmise hinne		1,82	keskmise hinne	1,73
1..12/A ja D telgedel paneelide keskmine hinne				1,77

Välisseinte seisukorra hindamisel arvestati nii teljel 1 asuva kandva tellisseina seisukorda, mis oli 2 kui ka külgliseinte gaasbetoonpaneelide ja plokkide seisukorda, mis oli 1,77.

N3 avatäited. Sigalas N3 vahetati kõik ukсед. Aknaid oli seintes vähe ja seetõttu tuli ventilatsiooniklappide paigaldamiseks seintesse lõhkuda uued avad.

3. NUUMSIGALATE VANA JA UUS TEHNOLOOGIA

3.1. Sigalate vanad tehnoloogilised lahendused

Enne sigalate rekonstrueerimist ei vastanud nuumsigade pidamise tehnoloogia, mikrokliima ja kasutatud seadmed nõuetele.

Mikrokliima. Vanades sigalates kasutusel olnud ventilaatoreid ei olnud remonditud, ventilaatorite avad seintes olid seestpoolt kinni müüritud. Õhutamiseks avati aknaid. Õhk sigalates oli liiga niiske ja ammoniaagiaurudest küllastatud. Ammoniaak (NH_3) on terav ja äratuntav lõhn ning see on õhust kergem gaas, saasteaine. Eestis kehtiv saastetaseme piirväärtus on 24 tunni keskmisena $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [18]. Sead olid sageli kopsupõletikus ja inimeste töötingimused olid ebanormaalsed. Sigalatest väljuv ammoniaagilehk oli nii tugev, et ebasoodsa tuulesuuna korral kandus hais lähedal asuvate elamuteni. Suvel oli kõigele vaatamata õhk ka liiga kuum – isegi kuni 30°C . On tehtud uuringud, et temperatuuri alandamisega *ca* 5° vähenevad ammoniaagi emissioonid [23].

Põhjavee kulu. Seasulgudest läga eemaldamiseks, tuli esialgu lahti leotada kinni kleepunud läga ja seejärel pesta survepesuriga iga sulg eraldi. Sulgude pesemiseks kasutati põhjavett.

Söötmine. Sigalas N1 oli sigade söõtmine raske füüsiline töö. Sigadele sööda jagamiseks olid vanemad tüüpi terasplekist kokku keevitatud kärud ja uuemat tüüpi vineerist kärud, mis kaalusid koos söödaga kuni 300 kg (Joonis 30). Töötaja laadis sööda ämbriga käsitsi kärude peale ja lükkas mööda konarlikku betoonpõrandat sigalasse. Seal jaotati sööt käsitsi sulgudes asuvatesse künadesse. Künad olid metallist ja amortiseerunud: konarusi täis ja kokkupuutest lägaga roostetanud. Sigalas N3 ehitati söötmissüsteem 2004. aastal ringi. Sigala kõrvale ehitati kaks söödapunkrit (Joonis 31) ja sealt toimetati toit torusid kaudu tigutranspordööri sulgudes asuvate künadeni. Kasutatud süsteem ei olnud töökindel ja seda tuli pidevalt remontida. Sigu söödeti kaks korda päevas kuivsöödaga.

Seasulud. Suluseinad olid 1,2 m kõrged, sulgudevahelised seinad silikaattellistest ja käigupoolsed piirded metallist (Joonis 32). Sulu väravad olid 80 cm laiad ja täiskasvanud sigade ajamine läbi nii kitsaste väravate oli keeruline. Väravad olid ehitatud erineva paksusega armatuurvarrastest, terasribadest ja vinkelraudadest. Selline konstruktsioon ei olnud töökindel ja väravaid tuli sageli remontida.

Inimressurss. Sigalates oli igapäevaselt tööl tehnik, kes remontis kraape ja mootoreid, keevitas kokku roostetanud ja lagunenud sulupiirdeid, remontis künasid ja tegi muid tehnilisi töid. Talvel küttis veel katelt. Igas sigalas oli päeval tööl kaks talitajat. Lisaks oli tööl laudajuhataja, kes tegeles vajadusel kõigi tööliste asendamisega. Talitajate tööks oli söötmine ja sulgude puhastamine. Kuna läga kleepus põrandate külge, siis tuli seda sealt lahti kraapida ja lükata kaabitsatega lägakanali suunas. Kogu sõnnikut ei olnud võimalik veega minema uhta.



Joonis 30. Uuemat tüüpi vineerist söödakäru

Joonis 31. Sigala N3 söödapunktid



Joonis 32. Sulud vanas sigalas N1

Energiakulu. Lisaks suurele veekulule, oli ka energiakulu suur. Kanali põhjas oli kettkraap, mis vedas läga ühenduskoridori ning sealt edasi pumplasse. Ühe sigala peale oli kaks kraabi liini. Iga liini otsas oli 5-10 kW võimsusega mootor, koridoris olid omakorda liinid, millel olid mootorid, mis ajasid läga pumplasse.

3.2. Sigalate uued tehnoloogilised lahendused

Nuumsigade pidamistehnoloogia. Ühele nuumikule on projektikohaselt ettenähtud 0,8 – 0,9 m² sulu pinda ja 300...400 mm künafronti sea kohta [10, § 14]. Nuumikute täiendavaks jootmiseks on paigaldatud igasse sulgu üks automaatjootur, kus vesi on ööpäevaringselt kättesaadav. Võõrdepõrsad (vanuses 3 – 4 kuud) tuuakse nuumale 25 – 30 kg raskustena ja täiskaalu – 100 kg – saavutavad nad 4 kuuga. Ühes sektsioonis olevad sead tuuakse ja viiakse ühekorraga, siis on kõige paremini tagatud hügieeninõuded ja söötmise ühtlus. Üksteisega harjunud sigadel esineb ka vähem stressi [10].

Grupisulud. Uutes sigalates on grupisulg pindalaga 14,43 m² ning sinna paigutatakse keskmiselt 17 siga. Rekonstrueeritud sigalates on grupisulud pindalaga 10,5 m² ning sinna paigutatakse 12 siga. Sulupiirde kõrgus on vähemalt 1 m ja piirded ehitati jäigast PVC materjalist ja roostevabadest torudest. Sigade välja ajamiseks tõstetakse kõrvale PVC materjalist käigutee poolne sulusein (Joonis 33).



Joonis 33. Rekonstrueeritud sigala N1 üks sektsioon

Sektsioonid. Sektsioonide paigutus uutes ja vanades sigalates on erinev. Vanad 18 m laiused sigalad jagati kaheks sektsiooniks ristiruumi, uued 25 m laiused sigalad jagati kaheks sektsiooniks pikiruumi. Sektsioonid on eraldatud rekonstrueeritud ja uutes sigalates raudbetoon õõnesplokkidest vaheseinaga, mis ulatub põrandast vahelaeni.

Sigalate põrandad. Kõigisse sigalatesse ehitati restpõrandad. Nuumikute sigala restpõranda betoonresti liistu laius on 80 mm ja pilu laius ei tohi ületada 18 mm [10, § 12]. Uute sigalate ruumilahendus projekteeriti nii, et saaks paigaldada seinast seinani betoonrestid ehk ehitada täisrestpõranda ja nende alla lägavannid. (Joonis 34) Rekonstrueeritavates sigalates ei võimaldanud olemasolev konstruktsioon ehitada 100% restpõrandat. Sigalas N3 olid välisseina perimeetril karkassipostid sigalas sees. Et mitte lõigata reste ümber postide, tuli välisseinast postide seepoolse servani ehitada armeeritud betoonpandus laiusega 550 mm. Sigalas N1 ei saanud maakividest vundamendi tõttu ehitada lägavanne otse vastu vundamenti, vaid tuli ehitada need välisseinast 1,2 m kaugusele.



Joonis 34. Sigala N4 ühe sektsiooni seestvaade

Söötmine. Nuumsigade põhiliseks toidukomponendiks on teraviljade baasil kokku segatud jahu. Vana tehnoloogia võimaldas kasutada ainult kuivsööta, aga uutes sigalates on kasutusel vedelsööt. Söödajahu tuuakse söödakööki ja laaditakse söödamahutitesse, mis asuvad väljas söödaruumi seina taga. Söödaruumis on söödajagaja, vadaku mahutid, õlipaagid ja

veepaagid. Vedelsööt sisaldab toorvalku, jahu, vett ja õli. Kõik sigadele vajalikud toidukomponendid on (vitamiinid, mineraalid) söödajahus. Vedelsööt pumbatakse sulus olevasse künasse. Söötmine toimub kuni 85 kg kehakaalu saavutamiseni *ad libitum* (nii palju kui soovid) printsiibil, edasi kuni müügini piiratud printsiibil. [10, § 16, § 17]

Sigala mikrokliima. „Sigade pidamise ruumi või ehitise soojustus, küte ja ventilatsioon peavad kindlustama õhuvahetuse, suhtelise õhuniiskuse, tolmusisalduse, temperatuuri ja gaasisisalduse püsimise tasemel, mis ei kahjusta sigade tervist“ [10, § 13]. Rekonstrueeritud ja uutes sigalates on see nõue täidetud. Rekonstrueeritud ja uutes sigalates kasutati Big Dutchman ventilatsiooni süsteemi, mille ventilaatorid on kvaliteetsed, külmakindlad, korrosioonivabad ja energiaefektiivsed. [22].

Sõnnikumajandus. Nuumsigala respõranda alla on ehitatud 600 mm sügavusega vannid, kuhu kogutakse sigade poolt toodetav läga. Vannide põrandaks on armeeritud betoonplaat, millesse on paigaldatud lägajahutussüsteemi torustik (Joonis 37). Restid toetuvad õõnesplokk müüridele ja kohapeal betoneeritud raudbetoonsillustele (Joonis 35). Betoonpõranda alla on rajatud 250 mm läbimõõduga polüpropüleenist äravoolutorustik läga eemaldamiseks (Joonis 36). Läga juhtimiseks pumplasse tuleb konksuga üles tõsta tühjenduskork ning vannis olev läga voolab äravoolutorustike kaudu pumplasse, kust see pumbatakse vedelsõnniku hoidlasse. Sõnniku eemaldamise trassid on rajatud 3‰ kaldega. Peatrasside otsa on paigaldatud 110 mm läbimõõduga tuulutustorud, mille otsad on toodud hoonest välja. Võimalike ummistuste likvideerimiseks saab torustikke läbi pesta.



Joonis 35. Lägavannid



Joonis 36. Läga eemaldamiseks PVC toru d 250 mm

Ventilatsioon. Vanadesse sigalatesse on läbi vana vahelae ja uue katuse paigaldatud ümarad väljatõmbekorstnad. Parema tõmbe kindlustamiseks on korstnatesse paigaldatud väljatõmbeventilaatorid. Uutes sigalates on paigaldatud sissepuhkeklapid pikiseintesse aknaavade ülemise osa kõrgusele. Vanades sigalates on lahendus sigalate viisi erinev. Sigalas N1 paigaldati sissepuhkeklapid vanadesse aknaavadesse, aknaavade ülemise osa kõrgusele ja alumine osa aknaavast müüriti kinni. Sigalas N3 paigaldati kõik sissepuhkeklapid seina tehtud uutesse avadesse. Kuna seal oli ülemine seiniosa gaabetonpaneelidest, siis need kandsid iseenast ja sissepuhkeklappide avasid polnud vaja sillustega katta. Kõikides sigalates sissepuhkeklappide peale välisseinale paigaldati tuulekaitseplekk.

Kütmine. Seafarmi varustatakse vajaliku soojusenergiaga kasutades sõnnikujahutussüsteemi paigaldatud maasoojuspumpa võimsusega 170 kW. Betoonpõrandasse on paigaldatud jahutustorustik, milles kasutatakse külmakande vedelikuna etanooli lahust ja mis jahutab restialustes lägavannides olevat läga (Joonis 37). Sellega seoses väheneb NH_3 emissioon õhku ja saadavat soojusenergiat kasutatakse ruumide kütteks ja olmevee soojendamiseks. Jahutustorustik on paigaldatud 800 mm sammuga piki hoonet. Sõnnikujahutussüsteemi kasutatakse aastaringselt. Suveperioodil paisatakse üleliigne soojus

välisõhku. Lisaks on paigaldatud gaasikatel võimsusega 290 kW, talvise külmaperioodi ajal vajaliku lisasoojusenergia saamiseks. Küttetorustik on katlamajast viidud kõigi sissepuhkeklappide alla, kus paiknevad ribiküttetorud. Maasoojuspumba ja katla juhtimine toimub katlaruumist.

Sigalate ehitamisel kasutati eriosade projekte [11, 12], põhiprojekti [9] ja OÜ Mapri tööjooniseid [7].



Joonis 37. Sigala N4 betoonpõranda ehitus ja sõrestike paigaldus

4. VANADE SIGALATE REKONSTRUEERIMINE JA UUTE EHTUS

4.1. Vanade sigalate kandekonstruktsioonide remontimine

Kõigi projektide aluseks on Eestis kehtivad seadused ja normid. Arvestama peab nii ehitusnormidega ja -seadustega, kui ka loomakasvatusele kehtestatud normide ja seadustega. Rekonstrueeritavate sigalate kõik raudbetoonkandekonstruktsioonid vajasisid remontimist.

4.1.1. Raudbetootarindite remontimine

Postid. Kõigis rekonstrueeritavates sigalates olid postid kõige rohkem kahjustada saanud inimtegevuse tõttu. Sulgude kinnitamiseks oli postidesse puuritud auke ja sinna monteeritud metallkinnitused. Sigalas N1 olid kaks posti saanud visuaalsel vaatlusel hinde 1. Nendel postidel oli peaarmatuuri kaitsekiht kuni 40 cm ulatuses pragunenud ning peaarmatuur korrodeerunud. Betoonikiht löödi armatuurvarrastelt maha kuni kohani, kus nake armatuuri ja betooni vahel oli nii hea, et betoon haamriga lüües enam maha ei kukkunud.

Talad. Talad olid sigalates kõige paremini säilinud konstruktsioonid. Esines üksikuid servade ja nurkade murdumisi veetorude ja kaablite kinnitamise tõttu. Sigalas N3 teljel 3/A...B oli tala betoonist kaitsekihis armatuurvarda kohal üle meetri pikk pragu, mille põhjuseks oli ebapiisav, alla 2 cm, kaitsekiht peaarmatuuril. See tala oli ka kõige halvemas seisukorras üldse.

Ribipaneelid. Ribipaneelide hindamisel võis märgata nii inimtekkelisi kahjustusi (nt laevalgustite kinnitamine) pikiribidele, kui ka nõuetele mittevastava betoonist kaitsekihi tõttu põhjustatud armatuurvarraste korrosiooni ning kaitsekihi pragunemist.

Kõik raudbetootarindid puhastati enne hindamist survepesuriga, et defektsed kohad näha oleksid. Pragude kohalt ja korrodeerunud armatuurvarraste ümbrusest taoti lahtine betoonikiht maha. Raudbetoon tarindite nähtavale tulnud armatuur puhastati liivapritsi ja kaeti kõigepealt korrodeerumist takistava kruntvõõbaga *Mapei Mapefer*, mis sisaldab roostetamist takistatavaid lisandeid [15]. Seejärel taastati maha pudenenud/taotud kaitsekiht mördiga *Mapei Mapegrout T40* [16]. Selle segu survetugevus on 40 MPa ehk suurem, kui tarindi betooni nõutav survetugevus. Mörti on lubatud paigaldada kuni 35 mm kihina [17].

Raudbetoonist ribipaneele ja poste tuli parandada rohkem, talad vajasisid kaitsekihi taastamist üksikutel juhtudel.

4.1.2. Seinte remontimine

Kõige rohkem tuli parandada sigalate seinu ja seinte visuaalse vaatluse hinne oli ka kõige madalam. Sigalas N1 oli seinte hinne 1,53 ja sigalas N3 1,77. Sigala N1 kandvad silikaattelliskiviseinad (külgseinad) olid puuduliku ventilatsiooni ning suure niiskuse tõttu halvas seisukorras. Seinu taastati osaliselt, päris suures mahus. Seest taastati silikaatkivi seinu aknapõskede kõrvalt. Aknasillused toestati, seinu lammutati nii palju, et oleks võimalik uued kiviread asemele laduda ja aknapõsed taastada. Välja vahetati kõik ülemised lagunenenud telliskiviread. Telgedes A/13...14 vahel asuv seiniosa taastati seestpoolt betoonist 140 mm õõnesplokke kasutades ja väljast Aeroc plokkidega. Sigalas N1 lammutati kogu seiniosa telgede A/8...10 vahel, mis oli ära vajunud vundamendi vähese sügavuse (70 cm) tõttu. Ava sillati ajutiselt terastalaga ja toestati *PERI* tugipostidega. Läbi seinas oleva avause liikusid masinad, mis lammutasid ja vedasid lammutatud materjali välja. Hiljem laoti uus sein 375 mm Aeroc plokkidest, mis oli seest üle krohvitud lubitsementkrohviga [13].

Sigala N2 seinad olid heas ja väga heas seisukorras. Kandvate külgseinte parandus oli ainult vanade akende kinni ladumine, seest Columbia kivi ja väljast Aeroc plokkidega. Sigalas N2 ehitati sein neli uut ava sissepuhkeklappide jaoks, vanade abiruumide seintesse, kus aknaid algselt ei olnud. Avad sillati nurkraudadega. Kuna sigala N2 oli kõige vähem remonti vajav hoone ja konstruktsioonilahenduselt sarnane sigalaga N1, siis otsustati selle hoone konstruktsioonide hindamist töös mitte kirjeldada.

Sigala N3 otsasein teljel 1 oli laotud silikaattellistest ja ukseavad olid kinni müüritud Aeroc plokkidega. A ja D telgede seinad olid ehitatud monteeritud gaasbetoonpaneelidest ning aknavahed laotud gaasbetoonplokkidest. Teljel D/4...5 oli seiniosa üsna lagunenenud, see lõik lammutati ning tehtud ava kasutati lammutusjääkide väljavedamiseks. Hiljem oli tagasi laotud 300 mm Aeroc plokkiga. Et takistada sigade gaasbetooni närimist, tuli rekonstrueerimise käigus kõik seinad seest lubitsementkrohviga krohvida. Krohvimaterjali valikul tuli arvestada, et siga närib tavalist kipskrohvi ning seinte alumine pool on ka pidevalt kokkupuutes niiskusega. Seetõttu krohviti seinad Sacret CLP Plus krohviga, mis sobib märgadele ruumidele, on tugev ja elastne, laseb veerauru läbi ja on vett hüljav. [13]

Krohvipragude tekke vältimiseks kasutati lisaks tsingitud raabitsvõrku. Kuna krohvitav aluspind oli vettimav, siis enne krohvimist pind puhastati ja krunditi Sakret UG-ga. [14]

Välisviimistlust seintele ei tehtud üheski rekonstrueeritavas sigalas, tuleviku tööks jäi seinte katmine väljastpoolt plekiga. Vanad sigalad jaotati rekonstrueerides kaheks sektsiooniks ja sektsioonid eraldati täisbetoneeritud õõnesplokkseinaga põrandast vahelaeni.

4.2. Vanade sigalate katused, põrandad, avatäited ja tehnoloogia

Vanade hoonete katused ja põrandad lammutati. Põrandakonstruktsioonid ei võimaldanud kasutada kaasaegset respõrandate tehnoloogiat. Katused olid amortiseerunud. Vanadele sigalatele ehitati uued väikese kaldega katused. Sigalas N1 jäeti aknad alles üle ühe. Katkised aknad eemaldati, ukSED vahetati. Kõikidesse vanadesse hoonetesse paigaldati ka uus tehnoloogia, ehitati kaasaegne söötmis-, jootmis-, ventilatsiooni- ja küttesüsteem, ning uus elektripaigaldis. Vanad sigalad jagati keskelt kaheks risti hoonet ja nende vahele ehitati vahesein kuni vahelaeni. Sigalate ja koridoride vahel oli tuletõkkemüür ja tuletõkke ukSED.

4.3. Uute sigalate konstruktiivne lahendus

Uue sigala välisperimeetril on kohtvundamendid (mõõtudega 1200 x 1500 x 400 mm, 1,2 m maapinnast) ja maapinnal on soojustuskiht EPS 120 plaatidest. Vundamentidele toetuvad kandvad teraspostid (150 x 150 mm, sammuga 5,1 m). Postide vahele ehitati 0,7 m kõrgune monoliitne raudbetoonsokkel. Keskteljel oleva betoonplokkidest seinaga alla ehitati 0,8 m laiune lintvundament, sügavusega 1,2 m maapinnast. Lägakanalite ja respõrandate konstruktsioon on võrreldav rekonstrueeritavates põrandates kirjeldatuga (lk 51, 52). Seinad ehitati *sandwich* paneelidest, millel katteplekk vastab keskkonnaklassile C3. Kogu sigala piirdele ehitati *sandwich* paneelide kaitseks õõnesplokksein paksusega 100 mm ja kõrgusega 110 mm (L 4. Joonis 1, 2), et sead ei pääseks *sandwich* paneele rikkuma.

Katusekonstruktsiooniks kasutati ogaplaatsõrestikke sildega 12,5 m, sammuga 1 m, mis toetuvad liimpuittaladest ülemisele vööle ja keskel raudbetoon õõnesplokkidest 190 mm

paksusele müürile. Vahelagi ehitati *Kingspan*'i PIR paneelidest, mille peale paigaldati aurutõkkekile ja 300 mm kuivalt puhutud tselluvill (Joonis 38).



Joonis 38. Sõrestiku fermide vahele paigaldatud tselluvill

Katusekatteks oli Pural viimistluskihiaga trapetsprofiilplek. Uksed olid kuumtsingitud terasüksed, pealt värvitud ja aknaavad lõigati *sandwich* paneelidesse sisse ja kasutati PVC aknaid. Seetõttu on avatäidete maksumus uutes sigalates odav. Hoone tulepüsivusklass on TP3. Uued sigalad on näha joonisel 39.



Joonis 39. Uute sigalate N4 ja N5 välisvaade

Uute sigalate ehitamiseks valiti majanduslikult kõige soodsam variant.

5. UUTE JA REKONSTRUEERITUD NUUMSIGALATE EHTUSMAKSUMUSTE VÕRDLUS

Kõik rekonstrueeritud sigalad olid erinevas seisukorras. Erinesid nii kandekonstruksioonid (nt vundamentide sügavus, ribipaneelide paigutus taladele: risti või pikuti hoone suunaga), plaanilahendused kui ka visuaalse hindamise hinded. Põrkevasaraga määratud tarindite betooni survetugevus ei erinenud kuigi palju. Tabelis 20 on toodud kahe rekonstrueeritud ja ühe uue sigala tehnilised näitajad.

Tabel 20. Sigalate tehnilised näitajad

	Rekonstrueeritavad hooned		Uus ehitatav hoone
	Sigala 1	Sigala 3	Sigala 4
Ehitusaasta	70-ndatel	80-ndatel	2016
Suletud netopind	1264,2m ² *	1190m ²	1550,2m ²
Hoone konstruktsioon			
Vundament	maakivi ja kannvundament	kannvundament	rb kohtvundament
Välisseinad	tellisseinad	gaasbetoon paneelid, tellistest otsasein	SW ja õõnesplokkid
Kandev konstruktsioon	tellisseinad, rb postid, rb talad	rb postid, rb talad, tellistest otsasein	plokkseinad, teras postid, liimpuittalad
Vahelae konstruktsioon	rb ribipaneel	rb ribipaneel	ogaplaatsõrestikud
Vahelae soojustus enne rekonstrueerimist	klaasvill	turvas, saepuru	-
Vahelae soojustus pärast rekonstrueerimist / ehitamist	EPS, klaasvill	EPS, klaasvill	PIR plaat, tselluvill
Katusekate enne rekonstrueerimise	eterniit	eterniit	-
Katusekate pärast rekonstrueerimist / ehitamist	2 x SBS	2 x SBS	profiilplekk Pural T20

Märkused: *Sigala N1 suletud netopind oli esialgses hoones telgede 2 – 13 vahel olev pind.

Rekonstrueerimine võimaldas sigade arvu erinevates sigalates suurendada (Tabel 21), vaatamata sellele, et üks sigala lammutati. Siseplaneeringu muutmine võimaldas samuti seakohti juurde saada. Vaatamata ühe sigala lammutamisele, saadi rekonstrueerimisel juurde ca 1000 seakohta.

Tabel 21. Sigade arvu muutus pärast rekonstrueerimist

	Sigade arv enne rekonstrueerimist	Sigade arv pärast rekonstrueerimist /ehitamist
Lammutatud sigala	550	0
Sigala N1	700	1296
Sigala N2	700	1488
Sigala N3	1000	1200
Kokku	2950	3984
Sigala N4	0	1563
Sigala N5	0	1563

Sigade arv suureneski eelkõige selle tõttu, et vanade sigalate N2 ja N3 otstes olnud abiruumide pind muudeti sigala pinnaks. Siseplaneeringu muutmine võimaldas ka seakohtade arvu suurendada. Vaatamata ühe sigala lammutamisele, saadi rekonstrueerimisel juurde ca 1000 seakohta.

5.1. Rekonstrueeritud ja uute sigalate ehitusmaksumuste võrdlus

Rekonstrueeritud ja uute sigalate ehitusmaksumused on toodud tabelites 22 ja 23. Tabelites 22, 23, 24 ja 25 olevad ehitusmaksumused on esitatud väljamakstud arvete põhjal.

Tabel 22. Rekonstrueeritud sigalate maksumus esitatud arvete põhjal

Jrk	Nimetus	Sigala N1		Sigala N3	
		Kokku €	Sea koha maksumus	Kokku €	Sea koha maksumus
1.	Seisukorra hindamise ja projekteerimistööd	13 506,48	10,42	12 713,74	10,59
2.	Lammutustööd	26 983,37	20,82	24 366,61	20,31
3.	Kande- ja piirdekonstruktsioonide parandamine	11 562,39	8,92	8 960,00	7,47
4.	Vundamendi, lägakanali ja põrandate* ehitus	69 107,10	53,32	60 215,80	50,18
5.	Seinte ehitus	13 015,01	10,04	10 044,25	8,37
6.	Katuse ehitus	47 745,03	36,84	43 293,89	36,08
7.	Avatäited	1 872,00	1,44	1 872,00	1,56
Kokku sigala N1 rekonstrueerimise projekteerimis- ja ehitustööde maksumus		183 791,38	141,81	161 466,29	134,56
8.	Eriosad (tehnoloogia)	228 719,31	176,48	218 002,47	181,67
Kokku		412510,70	318,30	379 468,76	316,22
Käibemaks 20 %		82502,14		76 963,39	
Kõik kokku 20% käibemaksuga		495012,84	381,95	455 362,51	379,47

*põrandate ehitamise hinna sisse ei ole arvestatud põrandarestide maksumust ja paigaldust.

Tabelist 22 näeme, et rekonstrueeritavates sigalates oli tehtud tööde maksumus erinev.

Sigalas N1 tuli kaevata surfe vundamendi seisundi uurimiseks ja ka vundamenti parandada. Telgede A/8...10 vahele betoneeriti täiesti uus vundamendi osa, sest vana vundament oli vaid 70 cm sügav. Sigalas N3 ei tulnud vundamente üldse parandada. See suurendab tabeli 22 real 4 toodud summat sigalas N1 seakoha kohta. Raudbetoonkonstruktsioonid olid sigalas N1 samuti halvamas seisukorras, kui sigalas N3. Raudbetoonist kandetarindite keskmised hinded olid vastavalt 2,63 ja 2,85. Seinte keskmine hinne oli sigalas N1 1,53, sigalas N3 mittekandvate seinte hinne oli 1,77 ning kandev otsasein oli hindeg 2. Sigalas N1 tuli seinu kuni 20% ulatuses plokkidega uuesti laduda ning ülejäänud sisepind viimistleda. Sigalas N3 olid gaasbetoonpaneelidest seinad, mis tuli seest poolt krohvida lubitsementkrohviga kaitseks niiskuse ja loomade eest. Põrandate ehitamiseks kulunud summa oli sigalas N1 suurem sellepärast, et parandati vundamenti telgede A/13...14 vahel. Restide ja nende paigalduse maksumus kajastub eriosade real. Vanades sigalates on eriosade töö kallim kui uutes sigalates, kuna vanades sigalates tuli olemasolevatesse paneelidesse lõigata ventilatsioonivad ventilatsioonikorstnate paigaldamiseks. Katuste ja avatäidete maksumus vanades sigalates oli seakohale võrdne. Tehnoloogia maksumus sigalas N1 oli seakoha kohta väiksem, sest restpõrandate ehitamiseks kasutatud restide ruutmeetrite arv oli 172 m² võrra väiksem. Tabelis 23 on toodud uue sigala N4 maksumus.

Tabel 23. Uue sigala N4 maksumus esitatud arvete põhjal

Jrk	Nimetus	Kokku €	Hind ühe sea kohta €
1.	Projekteerimistööd	12 559,91	8,18
2.	Pinnasetööd	20 465,79	13,32
3.	Vundamendid	36 648,70	23,86
4.	Põranda* ja lägakanalite ehitus	77 677,12	50,57
5.	Kandev karkass	50 037,37	32,58
6.	Seinte ehitus	27 282,20	17,76
7.	Katuse ja vahelae ehitus	88 766,93	57,79
8.	Avatäited	4 743,28	3,09
Sigala N4 projekteerimis- ja ehitustööde maksumus		318 181,31	207,15
9.	Eriosad (tehnoloogia)	257 816,02	167,85
Sigala N4 rekonstrueerimise projekteerimistööde, ehitustööde ja eritööde maksumus		575 997,34	375,00
Käibemaks 20 %		115 199,47	
Sigala N4 kogumaksumus		691 196,80	422,22

*põrandate ehitamise hinna sisse ei ole arvestatud põrandarestide maksumust ja paigaldust.

Kuna uued ja vanad hooned on nii erineva konstruktsiooniga ei ole mõistlik konstruktsioonide maksumusi uutes ja vanades sigalates eriti võrrelda. Põrandate ehitamise maksumus on võrreldav ja ühe sea kohta on see kõigis sigalates 50 euro ringis. Sigalate põrandate ehitamise hinna sisse ei ole arvestatud põrandarestide maksumust ja paigaldust, see summa on toodud tehnoloogia real, sest restide paigaldus koos restidega teostati tehnoloogia ettevõtte poolt. Võrrelda saab katuste ehitamise maksumust. Uute sigalate viilkatuste ehitamine tuli kallim, kui lamedakaldeliste katuste ehitamine. Saab võrrelda kogumaksumust seakoha kohta, mis on sigalas N1 318,30 eurot; sigalas N3 316,22 eurot ja uues sigalas 375,00 eurot (võrreldud hinnad on ilma käibemaksuta). Kui võtta, et rekonstrueerimise maksumus võrdub 100%, siis kahe uuritud vana sigala seakoha keskmine maksumus on 316,05 eurot, seega uue sigala seakoha maksumus on 15,7% kallim. Huvitav oleks hinnata kõigi sigalate tehnilist seisukorda uuesti nt 10 aasta pärast, et näha, kuidas erinevatest materjalidest tehtud hooned on ekspluatatsioonis edasi kestnud.

Selgitamaks, kas vanades sigalates kandekonstruktsioonidele antud keskmine hinne võimaldab hinnata järgnevate remonttööde maksumust koguti saadaolevad andmed tabelisse 24. Taastamistööde maksumust ei olnud võimalik välja tuua erinevate konstruktsioonide lõikes eraldi, sest parandustöid tehti sigalas korraga ja etapikaupa: järgmist viimistlusoperatsiooni sai hakata sooritama siis, kui eelmine kiht oli kuivanud.

Tabel 24. Talade, postide ja ribipaneelide visuaalse hindamise keskmise hinde, survetugevuse ja ühe seakoha maksumuse seos

Sigala	Talade, postide ja ribipaneelide		
	keskmine hinne 4-palli süsteemis	jääksurve-tugevus MPa	maksumus eurodes ühe seakoha kohta
N1	2,63	26,22	8,92
N3	2,88	30,90	7,50

Tabelist 24 näeme, et võrreldavate kandekonstruktsioonide korral tarindile antud hinne 4-palli süsteemis on omavahelises seoses digitaalse pörkevasaraga määratud jääksurvetugevusega ja seakoha maksumusega. Visuaalse hindamise keskmise hinde paranemine 6,7% toob kaasa jääksurvetugevuse suurenemise 12% ja seakoha hinna vähenemise 16%.

Tabelis 25 on toodud seakoha maksumus sigalates ilma käibemaksuta.

Tabel 25. Seakoha maksumuse võrdlus kõikides sigalates

Hinnad eurodes käibemaksuta 1 sea kohta				
	N1	N2	N3	N4
Ehituse hind	141,81	133,24	134,56	207,15
Eriosade hind	176,48	180,40	181,67	167,85
Ehituse ja eriosade hind kokku	318,30	313,64	316,22	375,00

Kõik hinnad on ilma käibemaksuta

Tabelist 25 näeme, et tehnoloogia maksumus seakoha kohta on uues sigalas kõige madalam, sest ruumijaotus on otstarbekam ning võimaldab kasutada suuremaid sulge. Ehituse hind oli kõige kõrgem sigalas N4, kuna rekonstrueeritavates sigalates jäid alles kõik kandvad konstruktsioonid. Rekonstrueeritavate sigalate võrdluses osutus ehituse hind kõige kallimaks sigalas N1, kuna see oli kõige vanem ja halvemas seisukorras. Sigala N2 kogumaksumus on kõige madalam, sest selle kandekonstruktsioonid olid kõige paremas seisukorras.

KOKKUVÕTE

Antud töös uuriti kolme vana sigala N1, N2 ja N3 rekonstrueerimise võimalusi ja võrreldi taastamistööde maksumust uue sigala ehitusmaksumusega. Tingimuseks oli, et ka vanades sigalates tuleb kasutusele võtta kaasaegne tehnoloogia ja sigalate mikrokliima peab vastama loomapidamisnõuetele. Sigala N2 uurimistulemusi ei toodud töösse, kuna selle konstruktsioonide lahendus oli sarnane sigala N1 lahendusega ning kandvate konstruktsioonide seisukord oli kõige parem.

Uuringuteks kasutati kahte meetodit: hinnati konstruktsioonide seisukorda visuaalselt ja mõõdeti raudbetoonist kandetarindite betooni jääksurvetugevust digitaalse pörkevasaraga Matest. Visuaalse hindamise käigus anti kõigile raudbetoonitarinditele hinne 4-palli süsteemis. Hinde 3 saanud elemendid tuli ainult puhastada ja viimistleda. Hinde 2 ja 3 saanud tarindid puhastati esmalt, et kõik purunenud kohad nähtavale tuleksid. Seejärel eemaldati paljastunud sarrusvarraste ümbert lahtine betoon, puhastati sarrused liivapritsiiga, hinnati visuaalselt sarruste diameetrit. Valiti välja tarindid, mille betooni survetugevust määrati hiljem pörkevasaraga. Seejärel kaeti kõik paljastunud sarrused korrosioonikaitsevõõbaga ja krohviti spetsiaalse tsemendiseguga ja viimistleti. Kokku hinnati sigalates N1 ja N3 visuaalselt 66 posti, 57 tala, 276 ribipaneeli ja sigalas N1 abiruumides 24 ribipaneeli. Hinnati kandvad ja mittekandvad seinad. Sigalas N1 oli postide keskmine hinne 2,36; talade keskmine hinne oli 2,88; ribipaneelide keskmine hinne oli 2,69, abiruumide ribipaneelide keskmine hinne oli 2,63 ja seinte keskmine hinne oli 1,53. Sigalas N3 oli postide keskmine hinne 2,75; talade keskmine hinne oli 2,91; ribipaneelide keskmine hinne oli 2,89; kandva otsaseina keskmine hinne oli 2 ja mittekandvate seinte keskmine hinne oli 1,77. Sigala N1 raudbetoonist kandekonstruktsioonid olid mõnevõrra halvemas seisukorras kui sigalas N3, keskmine hinne vastavalt 2,63 ja 2,85.

Järgmise sammuna määrati betooni jääksurvetugevus digitaalse pörkevasaraga Matest. Selleks tuli valida mõõtmiskoht, mis on sile (silмага nähtavate kruusa- või kivitükikesteta ja lahtikoorumata kihiga), ei tohtinud asuda allpool oleva armatuurvarda kohal ja pidi olema vähemalt 25 mm kaugusel detaili servadest. Betoonikihi paksus pidi mõõtekohas olema vähemalt 100 mm. Enne katsete läbiviimist, tuli betooni pinda vajadusel puhastada lihvimiskiviga. Üle 70% RH ja miinustemperatuurid mõõtmise ajal ei olnud lubatud. Seda meetodit kasutades oli võimalik lõpptulemusena välja selgitada, kas kandekonstruktsiooni

betooni survetugevus vastab veel normatiivsele survetugevusele. Usaldusväärse keskmise tulemuse saamiseks tehti samal detailil 10 mõõtmist. Ribipaneelidel mõõdeti betooni survetugevust piki seespoolse küljelt selle paksemas kohas 2,5 cm vahedega. Betooni jääksurvetugevuse määramine pörkevasaraga ei kinnitanud konstruktsioonide visuaalsel vaatlusel eeldatud seisukorra halvenemist (nt konstruktsioonile antud hinne 1). Kõigi mõõdetud konstruktsioonide betooni survetugevus osutus normatiivsest survetugevusest suuremaks. Betoondetailide normatiivne survetugevus saadi raudbetoondetailide kataloogist ja vanalt tüüpprojektilt saadi raudbetoondetailide markeeringuid. Sigalas N1 postide ja talade määratud keskmine survetugevus oli vastavalt 26,88 MPa ja 21,76 MPa. Sigalas N3 olid määratud keskmised survetugevused postidel 29,25 MPa ja taladel 31,33 MPa. Nõutav survetugevus kataloogi järgi oli 15 MPa (M200). Sigalas N1 oli ribipaneelide betooni pörkevasaraga määratud survetugevus 30,13 MPa ja sigalas N3 ribipaneelide betooni määratud survetugevus 32,13 MPa. Nõutav betooni survetugevus kataloogi järgi oli 22,5 MPa (M300). Siit võime järeldada, et kui tarindi peaarmatuuri diameeter ei ole korrosiooni tõttu kahjustatud, siis tarindi betooni survetugevus probleeme ei tekita. Betooni survetugevus pigem aja jooksul kasvab, kui kahaneb ja kõiki raudbetootarindeid on otstarbekas ja majanduslikult kasulik taastada.

Sigalas N1 taastati seinad seal, kus nad olid amortiseerunud, aga tellikiviseinad ei vajanud erilist lisatöötlust, vaid ainult viimistlet. Sigala N3 gaasbetoonist seinad tuli seestpoolt lubitsemekrohviga krohvida. Seega ei ole mõtet seinte osas teha võrdlust visuaalsel hindamisel antud hinde ja taastamismaksumuse vahel.

Rekonstrueeritavate sigalate katused taastati väikesekaldelistena, ehitati restpõrandad ja paigaldati nõuetele vastav elektri-, ventilatsiooni, kütte- ja söötmissüsteem.

Renoveeritud ja uute sigalate ehitismaksumuste võrdlus näitas, et seakoha maksumus uues sigalas on 15,7% suurem, kui rekonstrueeritud sigalates keskmiselt. Eriosade maksumus seakoha kohta on uues sigalas kõige madalam, sest ruumijaotus on otstarbekam ning võimaldab kasutada suuremaid sulge. Sigalas N1 ei olnud võimalik restpõrandaid ja lägavanne ehitada maakivivundamendi kõrvale, sest vundament oli ebastabiilne. Lägavannid ja restpõrandad otsustati ehitada 1,2 m kaugusele seinast. Sigalas N3 oli karkassipostid sigalas sees ja nende vahele valati raudbetoonist 0,5 m laiune pandus. Silikaatsein sigalas N1 ei vajanud erikaitset, piisas ainult viimistlemisest, gaasbetoonseina sigalas N3 tuli seestpoolt krohvida. Kaaluti ka sigala N3 seinte lammutamist ja *sandwich* paneelidega

asendamist, sest see maksaks enam-vähem sama palju, kui seinapaneelide krohvimine lubitsementkrohviga, kuid antud lahendus ei ole keskkonnasõbralik, kuna gaasbetoonpaneele ja plokke ei saa taaskasutada. Seega oli mõistlik gaasbetoonist seinad samuti säilitada ja remontida. Tellijale esitati hinnapakkumine ka raudbetoonist kandva karkassi ja seintega sigala ehitamiseks, aga see oli kõige kulukam variant.

Võrreldavate kandekonstruksioonide korral tarindile antud hinne 4-palli süsteemis on seoses määratud jääksurvetugevusega ja seakoha maksumusega. Visuaalse hindamise keskmise hinde paranemine 6,7% toob kaasa jääksurvetugevuse suurenemise 12% ja seakoha hinna vähenemise 16%.

Progressiivne võte oli, et kõigi sigalate betoonpõrandatesse paigaldati jahutustorustik, (külmakande vedelik etanooli lahus) milles olev lahus jahutab restialustes lägavannides olevat läga. Sellega seoses väheneb NH_3 emisioon õhku ja saadavat soojusenergiat kasutatakse ruumide kütteks ja olmevee soojendamiseks.

Kokkuvõtteks võib öelda, et vanade sigalate taastamine töös kirjeldatud mahus oli tellijale kasulik. Autor omalt poolt soovib 10 aasta möödudes sigalakompleksi kõik hoonete kandvad konstruksioonid uuesti visuaalselt hinnata.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ehitusseadustik. Vastu võetud 11.02.2015, RT I, 05.03.2015, 1, jõustumine 01.07.2015
<https://www.riigiteataja.ee/akt/125012017007?leiaKehtiv> (vaadatud 16.04.2019).
2. **Käärid, S.** (2002). Hoonete remont ja rekonstrueerimine. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool. 75 lk.
3. Ehitisregister <https://www.ehr.ee/app/w/page?1> (vaadatud 13.02.2019).
4. **Miljan, J.** (2000). Põllumajanduslike tootmishoonete seisukorra hindamise metoodika. Tartu: EPMÜ maaehituse instituut. 25 lk.
5. **Miljan, J.** (2000). Põllumajanduslike tootmishoonete seisukorra hindamise metoodika. Tartu: EPMÜ maaehituse instituut. Maaehituse pikaajalise ja talituskindluse uurimine. Lepingulise uurimistöö nr.263 aruanne. Keskküla.T Tartu, (1972). 182 lk.
6. Matest kasutusjuhend, Digitaalne betooni pörkehaamer, tootekood C386N. (2012).
7. Eskiisprojektid, tööprojektid, OÜ Mapri, 2016, 2017
8. Asendiplaan.
9. Põhiprojekt.
10. Nõuded sigade pidamisele ja selleks ettenähtud ruumi või ehitise kohta, sigade suhtes rakendada lubatud veterinaarsete menetluste loetelu ja neid läbiviivad isikud ning nõuded nende menetluste teostamisele ja neid menetlusi teostava isiku ettevalmistusele.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/111122012002> (vaadatud 02.04.2019).
11. Kütte- ja veeprojekt. TJ hooldus OÜ, P-16-07-KV, 2016
12. Elektriprojekt, OÜ Paide EG, töö nr 270716, 2016
13. Sakret CLP Plus lubitsementkrohv. <http://www.sakret.ee/product/clp-hall-pumbatav-lubitsementkrohv/> (vaadatud 01.05.2019).
14. Sakret UG nakkekrunt <http://www.sakret.ee/product/nakkekruntniiskustoke-kontsentraat-ug/> (vaadatud 02.05.2019).
15. Armatuuri kaitsevahend, Mapefer. AS Plaadipunkt,
http://www.plaadipunkt.ee/files/filemanager/files/mapefer_1K_.eng.pdf (Vaadatud 02.05.2019).
16. Betooni parandussegu Mapgrout T40
http://www.plaadipunkt.ee/files/filemanager/files/Mapegrout_T40_gb.pdf (vaadatud 03.05.2019).

17. Betooni parandustööd. AS Plaadipunkt.
http://www.plaadipunkt.ee/files/filemanager/files/Estisk_betongrehab_pr270306.pdf
(vaadatud 03.05.2019).
18. **Sõukand, Ü.** (2013). Osooni (o₃), ammoniaagi (nh₃), vääveldioksiidi (so₂) ja lämmastikoksiidi (no₂) määramine välisõhus passiivsete difusioonkogujatega, Eesti Keskkonnauuringute Keskus, Tartu.
19. ENSV-s kasutatavate unifitseeritud betoon- ja raudbetoontoodete ühtne kataloog koos preiskuranthindadega ЖИ-ЭСТ-79 (post СКТ, тала П1-598, панель ПНС-12), Tallinn 1979, lk 23, 39, 52.
20. Блокированная свиноферма на 300 основных свиноматок с законченным оборотом для товарных ферм. Альбом II Seletuskiri ja kandekonstruktsioonide plaan, joonis AC-3. 1974.
21. ГОСТ 7473-94. Смеси бетонные. Технические условия. <http://tehno-beton.ru/beton/vidy/klass-v15.html> (vaadatud 25.01.2019).
22. Big Dutchman väljatõmbekorstnad,
<https://www.bigdutchman.ru/ru/svinovodstvo/katalog/detail/vytjazhnye-kaminy/>
(vaadatud 13.04.2019).
23. **Rom, HB.; Moller, F.; Dahl, PJ.; Levring, M.;** (2000). Air pollution from agricultural operations, proceedings. Diet composition and modified climatic properties - Means to reduce ammonia emission in fattening pig units. Pp108-115.

LISAD

Lisa 1 – Sigala N1 seisukorra hindamise plaanid

Joonis 1. N1 vundamentide plaan

Joonis 2. N1 tellisseinte plaan

Joonis 3. N1 postide plaan

Joonis 4. N1 talade plaan

Joonis 5. N1 ribipaneelide plaan

Lisa 2 – Sigala N3 seisukorra hindamise plaanid

Joonis 1. N3 seinte plaan

Joonis 2. N3 postide plaan

Joonis 3. N3 laetalade plaan

Joonis 4. N3 ribipaneelide plaan

Lisa 3 – Sigala N1 ja N3 eriosade plaanid ja lõiked

Joonis 1. vana sigala N1 lõige

Joonis 2. N1 eriosade plaan

Joonis 3. N1 eriosade lõige A-A

Joonis 4. N3 eriosade plaan

Joonis 5. N3 eriosade lõige B-B

Lisa 4 – Sigala N4 eriosade plaanid ja lõiked

Joonis 1. N4 eriosade plaan

Joonis 2. N4 lõige A-A

Lisa 5 – Parandusmaterjalide toimivusdeklaratsioonid

Lisa 5.1 Universaalkrunt Sakret UG

Lisa 5.2 Lubitsementkrohv Sakret CLP Plus